

明細書

投写レンズ、並びにこの投写レンズを用いた投写型表示装置及び背面投写型表示装置

技術分野

5 本発明は、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズ、並びにこの投写レンズを用いた投写型表示装置及び背面投写型表示装置に関する。

背景技術

10 従来、大画面用の映像機器として、各種の空間光変調素子を用いた投写型表示装置が知られている。そして、最近では、DMD (Digital Micro-Mirror Device) のような表示効率の高い反射型の空間光変調素子が注目されている（例えば、特開2000-98272号公報参照）。

15 図29に、空間光変調素子としてDMDを用いた投写型表示装置の構成を示す。図29Aは平面図、図29Bは側面図をそれぞれ示している。また、図30に、DMDの動作原理を説明するための概略図を示す。

20 図29に示すように、当該投写型表示装置は、白色光を放射するランプ251と、ランプ251からの放射光を集光する楕円面鏡252と、ランプ251からの放射光から紫外線と赤外線を取り除くUV-IRカットフィルタ253と、楕円面鏡252の長焦点近傍に配置され、赤(R)、緑(G)、青(B)の三原色を順次選択的に透過させる回転型カラーフィルタ254と、集光レンズ256と、平面ミラー257と、入射光を変調して光学像を形成するDMD258と、DMD258上に形成された光学像をスクリーン（図示せず）上に拡大投写する投写レンズ259と

により構成されている。

回転型カラーフィルタ 254 は、赤、緑、青のカラーフィルタを円盤状に組み合わせて構成されており、当該回転型カラーフィルタ 254 をモータ 255 で回転させることにより、楕円面鏡 252 で集光された光のうち、赤、緑、青の光を順次選択的に透過させることができる。そして、これにより、赤、緑、青の照明光が順次 DMD 258 上に供給される。

集光レンズ 256 は、回転型カラーフィルタ 254 を透過した発散光を集光して、DMD 258 及び投写レンズ 259 に効率良く導く。

図 30 に示すように、DMD 258 は、画素ごとに設けられた微小ミラー 261 を 2 次元的に配列して構成されている。そして、画素ごとに、微小ミラー 261 の直下に配置されたメモリー素子の静電界作用によつて当該微小ミラー 261 の傾きが制御され、入射光の反射角度が変化することによって ON/OFF 状態が形成される。

ここで、DMD 面に対して微小ミラーが ±10 度傾く場合について、図 31 を参照しながら説明する。図 31 は DMD 上の微小ミラーの動作原理を示す模式図である。図 31 に示すように、DMD に、その素子面の法線に対して 20 度傾いた光 272 が入射すると、微小ミラー 261 が ON 状態（傾き角 +10 度）のとき、反射光 273 は投写レンズ 259 に入射し、スクリーン上に白の画素が表示される。一方、微小ミラー 261 が OFF 状態（傾き角 -10 度）のとき、反射光 274 は投写レンズ 259 に入射せず、スクリーン上には黒の画素が表示される。従つて、各画素について、ON/OFF の切り替えを時間的に制御することにより、階調表現が可能となる。また、同時に、供給される照明光の色に応じて DMD を駆動させることにより、カラー表示が可能となる。

図 30 に示すように、DMD 258 上の各微小ミラー 261 は、表示

領域の長軸 262 に対して、例えば、方位角 45 度の方向に傾斜する。

図 29 に示すように、平面ミラー 257 は、集光レンズ 256 から出射した光の光路を三次元的に折り返し、当該光を DMD 258 に所定の入射角で入射させるように配置されている。

5 尚、投写レンズ 259 と平面ミラー 257 などの光学部品との干渉を避けるため、照明光の光軸と投写光の光軸とのなす角は、できるだけ大きくする必要がある。そのため、DMD 258 の中心軸 258a は、投写レンズ 259 の光軸 260 と一致しておらず、DMD 258 と投写レンズ 259 とは光軸が互いにオフセット（シフト）した状態で配置されている。従って、投写レンズ 259 は、有効像円のうち、一部の画角のみを使用して、DMD 258 上の光学像を投影している。

一般に、上記のような投写型表示装置に使用される投写レンズには、以下のことが要求される。

第 1 に、高い解像性能を備えていることが要求される。このことは、
15 ハイビジョンなどの高精細画像を投影するために重要であり、そのためには、歪曲を含む良好な収差性能を有していることが必要である。

第 2 に、低 F ナンバーを備えていることが要求される。このことは、明るい投写画像を得るために重要であり、そのためには、ライトバルブから出射する光を広い角度で集光できることが望まれる。

20 第 3 に、画面周辺まで高い開口効率を備えていることが要求される。このことは、投写画像の画面周辺部における光量低下を抑制するために重要である。

第 4 に、短い投写距離で大画面への投影を実現できることが要求される。すなわち、広角レンズであることが望まれ、そのためには、比較的焦点距離の短いレンズが必要となる。

25 第 5 に、十分長いバックフォーカス空間を備えていることが要求され

る。このことは、投写光と照明光とを分離し、光学部品の配置に十分な空間を確保する上で重要である。

第 6 に、画質と明るさの均一性が高いことが要求される。

実際のレンズ設計においては、これらの要求性能を、如何に合理的に、

5 かつ、量産性の高い構成で実現するかが重要となる。

これに対して、従来の投写レンズ及びそれを用いた投写型表示装置には、以下のような課題があった。

一般に、より合理的な構成のレンズを実現する上で、F ナンバーを小さくすることと、より良好な収差性能を得ることとは相反する要求である。また、広角化を図ることと、長いバックフォーカスを確保することについても、同様である。

従って、上記要求性能を全て満たしつつ、合理的、かつ、量産性の高い投写レンズを実現することは困難であった。

また、従来、投写光と照明光との光路干渉、あるいは、投写レンズと平面ミラーなどの光学部品との干渉を避けるために、空間光変調素子と投写レンズとを、光軸が互いにオフセットした状態で配置し、オフセット投写することが一般的であった（図 29 参照）。オフセット投写は、投写対象となる空間光変調素子の表示領域を、投写レンズの有効像円内ですらして投写する方法であり、この方法を用いた場合には、投写画像の画角対称性が損なわれる。その結果、オフセット投写を用いた場合には、投写画像の解像度と明るさが、その画面中心に対して非対称になるという課題があった。また、有効像円の一部の画角のみしか使用しないため、無駄が多くなり、合理化に反するものであった。さらに、透過型スクリーンを用いて構成される背面投写型表示装置においてオフセット投写を用いると、当該透過型スクリーンもオフセットする必要があり、合理性の点で、背面投写型表示装置にはオフセット投写は適さないという課題

があった。

これに対して、従来、投写レンズと空間光変調素子（例えば、D M D）との間に全反射プリズムを配置し、投写系のオフセットを不要とした構成（以下「正面投写」という）が提案されている（例えば、W O 9 8 / 5 2 9 7 7 3 号公報参照）。

しかし、この構成は、全反射プリズムが非常に高価であるために、投写レンズを含む投写系の合理化に反するものであった。また、全反射プリズムは、その内部に微小な空気層を含んでいるため、その空気層のギャップ公差により、投写レンズの収差性能が著しく低下するという課題 10 もあった。

発明の開示

本発明は、従来技術における前記課題を解決するためになされたものであり、正面投写でありながら、良好な収差性能を示し、低 F ナンバー、 15 広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現することのできる投写レンズを提供することを目的とする。また、本発明は、当該投写レンズを用いることにより、明るくて、高画質の画像表示が可能な投写型表示装置及び背面投写型表示装置を提供することを目的とする。

20 前記目的を達成するため、本発明に係る投写レンズの構成は、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、

前記スクリーン側から像面側に向かって順に配置された、前側レンズ群と後側レンズ群とを備え、

25 前記後側レンズ群は、前記前側レンズ群と前記後側レンズ群とに共通の光軸に対して偏心した絞りを有し、

前記後側レンズ群を回転させることなく前記光軸方向に移動させることによってフォーカス調整を行うようにしたことを特徴とする。

前記本発明の投写レンズの構成においては、前記前側レンズ群を前記光軸方向に移動させることによって倍率調整を行うようにするのが好ま
5 しい。

前記本発明の投写レンズの構成においては、前記後側レンズ群と前記像面との間に、補助レンズ群をさらに備えているのが好ましい。また、この場合には、前記補助レンズ群は、前記スクリーン側に凸面を向けた1枚の平凸レンズからなるのが好ましい。

10 また、この場合には、前記前側レンズ群は、負パワーの第1レンズ群からなり、

前記後側レンズ群は、前記スクリーン側から順に配置された、正パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群とからなり、

前記補助レンズ群は、正パワーの第4レンズ群からなり、

15 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の軸上空気間隔を t_{12} 、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間の軸上空気間隔を t_{34} 、全系の焦点距離を f としたとき、

$$6.2 < t_{12} / f < 10.5 \quad \dots (1)$$

$$2.7 < t_{34} / f < 4.4 \quad \dots (2)$$

20 の各条件式を満足するのが好ましい。

この場合にはさらに、前記第1レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、前記スクリーン側に凸面を向け、少なくとも1面が非球面である負メニスカスレンズと、負レンズとからなり、

25 前記第2レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、正レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズと、前記スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、

前記第3レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、前記スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、正レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズと、正レンズと、正レンズとからなり、

前記第4レンズ群が、1枚の正レンズからなるのが好ましい。

5 さらにこの場合には、前記第2レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記正レンズのアッペ数と屈折率を $\nu_2 p$ 、 $n_2 p$ 、前記第2レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記負レンズのアッペ数と屈折率を $\nu_2 n$ 、 $n_2 n$ としたとき、

$$\nu_2 p < \nu_2 n \quad \dots (8)$$

10 $n_2 p < n_2 n \quad \dots (9)$

の各条件式を満足するのが好ましい。

さらにこの場合には、前記第3レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記正レンズのアッペ数と屈折率を $\nu_3 p$ 、 $n_3 p$ 、前記第3レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記負レンズのアッペ数と屈折率を $\nu_3 n$ 、 $n_3 n$ としたとき、

$$\nu_3 p > \nu_3 n \quad \dots (10)$$

$$n_3 p < n_3 n \quad \dots (11)$$

の各条件式を満足するのが好ましい。

この場合にはさらに、前記第1レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、前記スクリーン側に凸面を向け、少なくとも1面が非球面である負メニスカスレンズと、負レンズとからなり、

前記第2レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、正レンズと、前記スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、前記スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、

25 前記第3レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、負レンズと正レンズとの第1の接合レンズと、負レンズと正レンズとの第2の

接合レンズと、正レンズとからなり、

前記第4レンズ群が、1枚の正レンズからなるのが好ましい。

さらにこの場合には、前記第3レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記正レンズのアッベ数と屈折率を $\nu_3 p$ 、 $n_3 p$ 、前記第3レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記負レンズのアッベ数と屈折率を $\nu_3 n$ 、 $n_3 n$ としたとき、

$$\nu_3 p > \nu_3 n \quad \dots (10)$$

$$n_3 p < n_3 n \quad \dots (11)$$

の各条件式を満足するのが好ましい。

この場合にはさらに、前記絞りが、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に配置されているのが好ましい。

この場合にはさらに、前記第1レンズ群の前記スクリーンに最も近い位置に配されるレンズが非球面レンズであるのが好ましい。

この場合にはさらに、前記補助レンズ群は、前記スクリーン側に凸面を向けた1枚の平凸レンズからなるのが好ましい。

この場合にはさらに、前記第3レンズ群の前記空間光変調素子に最も近い位置に配されるレンズが異常分散硝子からなるのが好ましい。

この場合にはさらに、前記第4レンズ群と前記像面との間の軸上空気間隔を d としたとき、

$$1.6 < t_{34} / d < 2.6 \quad \dots (3)$$

$$4.2 < (t_{34} + d) / f < 6.0 \quad \dots (4)$$

の各条件式を満足するのが好ましい。

この場合にはさらに、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 としたとき、

$$-2.9 < f_1 / f < -2.1 \quad \dots (5)$$

$$7. \quad 3 < f_2 / f < 14.5 \quad \dots (6)$$

$$5. \quad 7 < f_3 / f < 7.5 \quad \dots (7)$$

の各条件式を満足するのが好ましい。

前記本発明の投写レンズの構成においては、前記前側レンズ群と前記
5 後側レンズ群との間に、光路折り曲げ手段をさらに備えているのが好ま
しい。また、この場合には、前記絞りが、前記光路折り曲げ手段の前後
の前記光軸を含む面に平行な方向あるいは垂直な方向に偏心しているの
が好ましい。また、この場合には、前記光路折り曲げ手段の前後の前記
光軸がなす角を θ としたとき、

$$10 \quad 45\text{ 度} \leq \theta \leq 90\text{ 度} \quad \dots (13)$$

なる関係を満足するのが好ましい。また、この場合には、前記光路折り
曲げ手段が誘電体多層膜ミラーであるのが好ましい。

前記本発明の投写レンズの構成においては、前記絞りの開口部が略楕
円形状であるのが好ましい。また、この場合には、前記絞りの偏心量を
15 D1、前記絞りの位置における有効開口半径をD2としたとき、

$$D1 / D2 < 0.5 \quad \dots (12)$$

の条件式を満足するのが好ましい。

前記本発明の投写レンズの構成においては、前記空間光変調素子の有
効表示領域が長軸と短軸とを有する矩形状であり、前記絞りが前記長軸
20 に沿った方向又は前記短軸に沿った方向に偏心しているのが好ましい。

また、本発明に係る投写型表示装置の構成は、映像信号に応じた光学
像を形成する空間光変調素子と、

前記空間光変調素子を照明する照明手段と、

前記空間光変調素子上に形成された前記光学像をスクリーン上に投影
25 する投写レンズとを備えた投写型表示装置であって、

前記投写レンズとして前記本発明の投写レンズを用いることを特徴と

する。

前記本発明の投写型表示装置の構成においては、前記空間光変調素子が、複数の微小ミラーを二次元的に配列してなるDMD (Digital Micro-Mirror Device) であるのが好ましい。

5 前記本発明の投写型表示装置の構成においては、前記投写レンズの前記スクリーン側に、視野絞りをさらに備えているのが好ましい。

前記本発明の投写型表示装置の構成においては、前記照明手段は、赤(R)、緑(G)、青(B)の三原色光が時間的に切り替わる照明光を形成し、前記空間光変調素子は、前記三原色光に対応した前記光学像を時間的に切り替えて表示するのが好ましい。

また、本発明に係る背面投写型表示装置の構成は、投写型表示装置と、前記投写型表示装置からの投写画像を映し出す透過型スクリーンとを備えた背面投写型表示装置であって、

15 前記投写型表示装置として前記本発明の投写型表示装置を用いることを特徴とする。

前記本発明の背面投写型表示装置の構成においては、前記投写型表示装置と前記透過型スクリーンとの間に、光路を折り曲げるための反射手段をさらに備えているのが好ましい。

本発明によれば、特にDMDなどの反射型空間光変調素子を用いて正面投写を行う場合に適し、Fナンバーが2.0程度の明るい条件下でも良好な収差性能を示し、広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現するとのできる投写レンズを提供することができる。また、当該投写レンズを用いることにより、明るくて、高画質の画像表示が可能な、小型で低コストの投写型表示装置及び背面投写型表示装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明における投写レンズの基本構成を示す配置図、

図 2 は本発明における投写レンズの他の構成（基本構成に光路折り曲

5 げ手段が付加された構成）を示す配置図、

図 3 は本発明における投写レンズのさらに他の構成（基本構成に補助レンズ群が付加された構成）を示す配置図、

図 4 は本発明における投写レンズのさらに他の構成（基本構成に光路折り曲げ手段と補助レンズ群が付加された構成）を示す配置図、

10 図 5 は参考例 1 における投写レンズの構成を示す配置図、

図 6 は参考例 1 における投写レンズの収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）、

図 7 は参考例 2 における投写レンズの構成を示す配置図、

図 8 は参考例 2 における投写レンズの収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）、

15 図 9 は参考例 3 における投写レンズの構成を示す配置図、

図 10 は参考例 3 における投写レンズの収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）、

図 11 は参考例 4 における投写レンズの構成を示す配置図、

20 図 12 は参考例 4 における投写レンズの収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）、

図 13 は本発明の第 1 の実施の形態における投写レンズの構成を示す配置図、

図 14 は本発明の第 1 の実施の形態における投写レンズに用いられる

25 絞りを光軸方向から見た状態を示す概略図、

図 15 は本発明の第 1 の実施の形態における投写レンズの収差性能図

(球面収差、非点収差、歪曲収差)、

図 1 6 は本発明の第 2 の実施の形態における投写レンズの構成を示す配置図、

図 1 7 は本発明の第 2 の実施の形態における投写レンズの収差性能図
5 (球面収差、非点収差、歪曲収差)、

図 1 8 は本発明の第 3 の実施の形態における投写レンズの構成を示す配置図、

図 1 9 は本発明の第 3 の実施の形態における投写レンズの収差性能図
(球面収差、非点収差、歪曲収差)、

10 図 2 0 は本発明の第 4 の実施の形態における投写レンズの構成を示す配置図、

図 2 1 は本発明の第 4 の実施の形態における投写レンズの収差性能図
(球面収差、非点収差、歪曲収差)、

15 図 2 2 は本発明の第 5 の実施の形態における投写型表示装置の構成を示す配置図 (x - z 平面図)、

図 2 3 は本発明の第 5 の実施の形態における投写型表示装置の構成を示す配置図 (y - z 平面図)、

図 2 4 は本発明の第 5 の実施の形態における投写型表示装置の構成を示す配置図 (x - y 平面図)、

20 図 2 5 は本発明の第 5 の実施の形態における投写型表示装置の照明光学系を構成する第 1 レンズアレイの構成図であり、A は断面図、B は平面図、

図 2 6 は本発明の第 5 の実施の形態における投写型表示装置の照明光学系を構成する第 2 レンズアレイの構成図であり、A は断面図、B は平面図、
25

図 2 7 は本発明の第 6 の実施の形態における背面投写型表示装置を示

す配置図であり、Aは正面図、Bは側面図、

図28は本発明の第7の実施の形態における背面投写型表示装置を示す配置図、

図29は従来技術における空間光変調素子としてDMDを用いた投写
5 型表示装置の構成を示す配置図であり、Aは平面図、Bは側面図、

図30はDMDの動作原理を説明するための概略図、

図31はDMD上の微小ミラーの動作原理を示す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

10 図1は本発明における投写レンズの基本構成を示す配置図、図2は本
発明における投写レンズの他の構成（基本構成に光路折り曲げ手段が付
加された構成）を示す配置図、図3は本発明における投写レンズのさら
に他の構成（基本構成に補助レンズ群が付加された構成）を示す配置図、
図4は本発明における投写レンズのさらに他の構成（基本構成に光路折
15 り曲げ手段と補助レンズ群が付加された構成）を示す配置図である。

図1に示すように、空間光変調素子（像面5付近に配置）上に形成さ
れた光学像をスクリーン4上に拡大投写する本発明の投写レンズ1は、
スクリーン4側から像面5側に向かって順に配置された、前側レンズ群
2と後側レンズ群3とを備えている。

20 後側レンズ群3は、前側レンズ群2と後側レンズ群3とに共通の光軸
7に対して偏心した絞り6を有している。

フォーカス調整は、後側レンズ群3を回転させることなく光軸7の方
向に移動させることによって行われる。

また、倍率調整は、前側レンズ群2を光軸7の方向に移動させること
25 によって行うのが望ましい。

また、図2に示すように、前側レンズ群2と後側レンズ群3との間に、

光路折り曲げ手段としての平面ミラー8を配置する構成とすることもできる。そして、この場合も、前側レンズ群2と後側レンズ群3とに共通の光軸9、10に対して、絞り6が偏心することとなる。尚、この場合、絞り6は、平面ミラー8の前後の光軸9、10を含む面に平行な方向あるいは垂直な方向に偏心しているのが望ましい。

また、図3に示すように、前側レンズ群2と後側レンズ群3を主レンズ群12として、主レンズ群12と像面5との間に補助レンズ群11を配置する構成とすることもできる。また、この場合においても、図4に示すように、前側レンズ群2と後側レンズ群3との間に、光路折り曲げ手段としての平面ミラー8を配置する構成とができる。

以下、具体的な実施の形態を挙げて、本発明をさらに詳細に説明する。まず、下記参考例1～4において、絞りを偏心させない構成について説明し、次いで、下記第1の実施の形態において、絞りを偏心させた構成について説明する。

15 [参考例1]

図5は参考例1における投写レンズの構成を示す配置図である。

図5に示すように、本参考例における投写レンズ13は、スクリーン4側から像面5側に向かって順に配置された、前側レンズ群としての、2枚のレンズL1、L2からなる負パワーの第1レンズ群G1と、後側レンズ群としての、4枚のレンズL3、L4、L5、L6からなる正パワーの第2レンズ群G2と、同じく後側レンズ群としての、6枚のレンズL7、L8、L9、L10、L11、L12からなる正パワーの第3レンズ群G3と、補助レンズ群としての、単レンズL13からなる正パワーの第4レンズ群G4により構成されている。

25 また、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間には、絞り14が配置されている。

本参考例の投写レンズ 1 3において、第 1 ~ 第 4 レンズ群 G 1 ~ G 4 と像面 5 とは、第 1 ~ 第 4 レンズ群 G 1 ~ G 4 に共通の光軸 7 が像面 5 の中心を通るように配置されており、これにより空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン 4 上に正面投写することが可能となっている。尚、本明細書において、「光軸が像面の中心を通る」には、光軸が真に像面の中心を通る場合だけでなく、許容できる範囲の誤差を有している場合も含まれるものとする。

下記（表 1）に、図 5 に示した投写レンズ 1 3 の各レンズの具体的な数値例を示す。

10 [表 1]

レンズ	第 i 面	r_i	d_i	n_i	v_i	
15	L1 1	164.134	3.800	1.49015	57.2	
	2	39.178	22.566			
	L2 3	-145.947	2.000	1.58913	61.3	
		31.636	98.000			
	L3 5	132.437	3.300	1.80609	33.3	
		-716.525	1.800			
	L4 7	-49.478	1.500	1.69680	55.5	
		34.302	5.000	1.64769	33.8	
	L6 10	-133.727	0.300			
		47.032	3.500	1.64769	33.8	
		174.892	10.000			
		Infinity	14.704			
		105.245	1.500	1.80609	33.3	
20	L7 13	46.491	2.000			
	L8 15	931.813	4.000	1.51680	64.2	
		-71.322	0.300			
	L9 17	54.736	7.500	1.49700	81.6	
		-33.119	1.500	1.80609	33.3	
	L11 20	70.960	1.200			
		88.324	4.300	1.49700	81.6	
		-73.673	0.300			
	L12 22	68.948	7.700	1.49700	81.6	
		-60.557	40.000			
	L13 24	75.500	5.000	1.83400	37.3	
		Infinity	16.410			
(非球面データ)						
25	レンズ 第 i 面	cc	A4	A6	A8	A10
	L1 1	-138.58270	3.39809E-06	-4.79187E-10	-7.64881E-14	6.80210E-17
	2	-0.73495	-3.42123E-06	6.95073E-09	-6.21352E-12	1.43583E-15

上記（表 1）において、 r_i はスクリーン 4 側から数えて第 i 番目の面（第 i 面）の曲率半径 (mm)、 d_i はスクリーン 4 側から数えて第 i

番目の面（第 i 面）と第 $(i+1)$ 番目の面（第 $(i+1)$ 面）との間の光軸 7 に沿った距離（軸上距離、面間隔）(mm)、 n_i はスクリーン 4 側から数えて第 i 番目のレンズの d 線に対する屈折率、 ν_i はスクリーン 4 側から数えて第 i 番目のレンズの d 線に対するアッペ数を示している（後述する他の参考例及び実施の形態についても同様である）。

また、全系の焦点距離は $f = 9.851\text{ mm}$ 、F ナンバーは $F\text{ n.o.} = 2.00$ 、半画角は $\omega = 45.4^\circ$ である。

第 1 レンズ群 G_1 を構成するスクリーン 4 側のレンズ L_1 の両面は非球面であり、非球面形状は、下記（数 1）によって定義される（後述する他の参考例及び実施の形態についても同様である）。

[数 1]

$$x = \left(\frac{y^2}{r} \right) / \left(1 + \sqrt{1 - (cc + 1) \frac{y^2}{r^2}} \right) \\ + A4 \cdot y^4 + A6 \cdot y^6 + A8 \cdot y^8 + A10 \cdot y^{10}$$

但し、上記（数 1）中、 cc は円錐係数、 A_4, A_6, A_8, A_{10} はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数、 r は曲率半径、 x はサグ量（面の光軸方向の位置）、 y は光軸からの高さを表わしている。上記（表 1）には、これら非球面係数の具体的な数値例も示している。

本参考例の投写レンズ 13においては、全系の焦点距離を f 、第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 との間の軸上距離（軸上空気間隔）を t_{12} 、第 3 レンズ群 G_3 と第 4 レンズ群 G_4 との間の軸上空気間隔を t_{34} としたとき、

$$6.2 < t_{12} / f < 10.5 \quad \dots (1)$$

$$2.7 < t_{34} / f < 4.4 \quad \dots (2)$$

の各条件式を満足するのが望ましい。

上記式（1）、（2）は、良好な収差性能の下、第 1 レンズ群 G_1 と第

2レンズ群G2との間、及び、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に比較的長い空気間隔を確保するための条件式である。上記式(1)の上限値を超えると、レンズ長が長くなりすぎて、投写レンズ13が大型化すると同時に、画角の大きい部分で口径蝕が大きくなって、画面周辺部の明るさが低下する。また、上記式(1)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1の負パワーが大きくなりすぎるために、特に歪曲収差、コマ収差の補正が困難となる。また、このように上記式(1)の下限値を下回ると、例えば、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に光路折り曲げ用の平面ミラーを配置するなどの、実用上の応用が困難となる。また、上記式(2)の上限値を超えると、バックフォーカスが長くなりすぎて、収差の補正が困難となる。また、上記式(2)の下限値を下回ると、投写レンズ13と照明用の光学部品とが干渉し易くなつて、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に照明用の光学部品を配置することが困難となる。

また、本参考例の投写レンズ13においては、第4レンズ群G4と像面5との間の軸上空気間隔をdとしたとき、

$$1.6 < t_{34}/d < 2.6 \quad \dots (3)$$

$$4.2 < (t_{34} + d)/f < 6.0 \quad \dots (4)$$

の各条件式を満足するのが望ましい。このように上記式(3)、(4)を満足するように設計すれば、投写レンズ13のさらなる高性能化を図ることができ、その適用範囲も広くなる。

上記式(3)、(4)は、良好な収差性能の下、コントラストの低下や照明用の光学部品との干渉などの、照明系と組み合わせた実使用状態での課題に対処するための条件式である。上記式(3)の上限値を超えると、第4レンズ群G4と像面5とが接近しすぎるために、像面5付近に配置される空間光変調素子と第4レンズ群G4との間の不要な反射によ

って迷光が発生し、ゴーストの発生やコントラストの低下を招く。また、上記式（3）の下限値を下回ると、第4レンズ群G4の口径が大きくなるために、第4レンズ群G4を構成する単レンズL13が大型化し、コストアップに繋がる。また、上記式（4）の上限値を超えると、バックフォーカスが長くなりすぎて、収差の補正が困難となる。また、この場合に、十分な収差補正を行おうとすると、十分なレンズ全長が必要となるため、投写レンズ13が大型化する。また、上記式（4）の下限値を下回ると、バックフォーカスが短くなり、実使用状態において投写レンズ13と照明用の光学部品とが干渉し易くなる。

10 また、本参考例の投写レンズ13においては、第1レンズ群G1の焦点距離をf1、第2レンズ群G2の焦点距離をf2、第3レンズ群G3の焦点距離をf3としたとき、

$$-2.9 < f_1/f < -2.1 \quad \dots (5)$$

$$7.3 < f_2/f < 14.5 \quad \dots (6)$$

15 $5.7 < f_3/f < 6.9 \quad \dots (7)$

の各条件式を満足するのが望ましい。

上記式（5）～（7）は、収差性能をさらに補填するための条件式であり、これらの条件式（5）～（7）を満足することにより、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3のパワー配分を適切に設定して、より高い結像性能を得ることが可能となる。

下記（表2）に、以上説明した本参考例の投写レンズ13に関する上記条件式の数値を示す。

[表2]

$t_{12}/f = 9.9$	$t_{34}/f = 4.0$	
$t_{34}/d = 2.4$	$(t_{34} + d)/f = 5.7$	
$f_1/f = -2.7$	$f_2/f = 13.9$	$f_3/f = 6.5$

第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の合成焦点距離 f_{12} は、正である方が収差の補正には望ましい。合成焦点距離 f_{12} が負になるということは、第1レンズ群G1の負パワーが大きくなることを意味するので、歪曲収差やコマ収差が大きくなる。本参考例の投写レンズ13の場合、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の合成焦点距離は $f_{12} = 2768\text{ mm}$ である。

図6に、図5に示した投写レンズ13の収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）を示す。尚、球面収差図において、実線はe線（546nm）に対する値、長い破線はC線（656nm）に対する値、短い破線はF線（486nm）に対する値をそれぞれ示している。また、非点収差図において、実線はサジタル方向（s）の値、破線はメリジオナル方向（m）の値をそれぞれ示している（後述する他の参考例及び実施の形態についても同様である）。

図6に示す収差性能図から明らかなように、本参考例の投写レンズ13は、上記した諸条件を満たすことにより、十分な収差補正がなされ、良好な結像性能が得られていることが分かる。

[参考例2]

図7は参考例2における投写レンズの構成を示す配置図である。本参考例の投写レンズ15は、第1レンズ群G1から第4レンズ群G4までの基本構成、及び、光軸7と像面5との位置関係において、上記参考例1の投写レンズ13と同様である。

本参考例の投写レンズ15が上記参考例1の投写レンズ13と異なる点は、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4を構成するレンズのパワー配分、及び面間隔などのパラメータである。

下記（表3）に、図7に示した投写レンズ15の各レンズの具体的数

値例を示す。

[表 3]

	レンズ	第 <i>i</i> 面	<i>ri</i>	<i>di</i>	<i>ni</i>	<i>vi</i>
5	L1	1	88.734	3.800	1.49015	57.2
		2	32.175	21.641		
	L2	3	-192.835	2.000	1.62041	60.3
		4	24.846	68.000		
	L3	5	70.074	3.000	1.80609	33.3
		6	423.730	1.800		
	L4	7	-59.297	2.000	1.69680	55.5
	L5	8	42.668	5.500	1.64769	33.8
		9	-285.827	6.000		
	L6	10	36.773	3.500	1.62004	36.3
10		11	128.435	3.500		
		12	Infinity	15.946		
	L7	13	83.795	2.000	1.83400	37.3
		14	36.728	1.500		
	L8	15	82.024	4.300	1.49700	81.6
		16	-76.736	0.300		
	L9	17	46.611	7.200	1.49700	81.6
	L10	18	-25.532	2.000	1.80609	33.3
		19	111.738	0.800		
	L11	20	210.224	4.300	1.49700	81.6
		21	-138.279	0.300		
	L12	22	59.664	7.000	1.49700	81.6
		23	-58.356	31.000		
	L13	24	65.000	5.000	1.83400	37.3
		25	Infinity	16.410		
15	(非球面データ)					
	レンズ	第 <i>i</i> 面	<i>cc</i>	<i>A4</i>	<i>A6</i>	<i>A8</i>
	L1	1	75.07691	4.57640E-06	2.15349E-12	-7.14138E-13
		2	-1.01734	-4.89142E-06	1.36940E-08	-1.45652E-11
						3.70308E-16
						4.28218E-15

また、全系の焦点距離は $f = 10.377 \text{ mm}$ 、F ナンバーは F n o. = 2.03、半画角は $\omega = 44.0$ 度である。

本参考例の投写レンズ 15 においても、上記各条件式 (1) ~ (7) を満足するのが望ましい。

下記 (表 4) に、本参考例の投写レンズ 15 に関する上記条件式の数値を示す。

[表 4]

$$\begin{aligned}
 t_{12}/f &= 6.5 & t_{34}/f &= 3.0 \\
 25 \quad t_{34}/d &= 1.9 & (t_{34} + d)/f &= 4.6 \\
 f_1/f &= -2.2 & f_2/f &= 8.4 & f_3/f &= 6.6
 \end{aligned}$$

図 8 に、図 7 に示した投写レンズ 1 5 の収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）を示す。

図 8 に示す収差性能図から明らかなように、本参考例の投写レンズ 1 5 は、上記した諸条件を満たすことにより、十分な収差補正がなされ、
5 良好な結像性能が得られていることが分かる。

[参考例 3]

図 9 は参考例 3 における投写レンズの構成を示す配置図である。本参考例の投写レンズ 1 6 は、第 1 レンズ群 G 1 から第 4 レンズ群 G 4 までの基本構成、及び、光軸 7 と像面 5 との位置関係において、上記参考例
10 1 の投写レンズ 1 3 と同様である。

本参考例の投写レンズ 1 6 が上記参考例 1 の投写レンズ 1 3 と異なる点は、第 1 レンズ群 G 1 、第 2 レンズ群 G 2 、第 3 レンズ群 G 3 及び第 4 レンズ群 G 4 を構成するレンズのパワー配分、及び面間隔などのパラメータである。

15 下記（表 5）に、図 9 に示した投写レンズ 1 6 の各レンズの具体的な数値例を示す。

[表 5]

レンズ	第i面	ri	di	ni	vi	
5	L1 1	87.736	4.031	1.49015	57.2	
	2	33.259	24.328			
	L2 3	-166.115	2.121	1.58913	61.3	
		27.934	79.551			
	L3 5	103.945	3.500	1.62004	36.3	
		-238.804	1.909			
	L4 7	-50.052	1.591	1.62041	60.3	
		38.521	5.303	1.62588	35.7	
	L5 9	-100.075	0.318			
		38.581	3.712	1.62004	36.3	
10	L6 10	81.37	6.894			
	11	Infinity	12.384			
	L7 13	127.741	1.591	1.80609	33.3	
		40.904	2.121			
	L8 15	516.734	4.243	1.48749	70.4	
		-61.259	0.318			
	L9 17	46.095	7.955	1.49700	81.6	
		-30.355	1.591	1.80609	33.3	
	L10 19	59.458	1.273			
		90.637	4.561	1.51680	64.2	
	L11 21	-82.510	0.318			
		58.084	8.167	1.49700	81.6	
	L12 23	-55.249	33.000			
		80.00	5.300	1.83400	37.3	
	L13. 25	Infinity	17.630			
(非球面データ)						
15	レンズ 第i面	cc	A4	A6	A8	A10
	L1 1	-25.88879	3.43305E-06	-3.13137E-10	-1.31401E-13	1.13297E-16
	2	-0.60968	-3.86345E-06	5.67433E-09	-5.23038E-12	9.62579E-16

また、全系の焦点距離は $f = 11.181 \text{ mm}$ 、F ナンバーは F no. = 2.02、半画角は $\omega = 43.5^\circ$ である。

本参考例の投写レンズ 16 においても、上記各条件式 (1) ~ (7) を満足するのが望ましい。

20 下記 (表 6) に、本参考例の投写レンズ 16 に関する上記条件式の数值を示す。

[表 6]

$$\begin{aligned}
 t_{12}/f &= 7.1 & t_{34}/f &= 2.9 \\
 t_{34}/d &= 1.9 & (t_{34} + d)/f &= 4.5 \\
 25 \quad f_1/f &= -2.3 & f_2/f &= 7.7 & f_3/f &= 6.2
 \end{aligned}$$

図 10 に、図 9 に示した投写レンズ 16 の収差性能図（球面収差、非

点収差、歪曲収差) を示す。

図 1 0 に示す収差性能図から明らかなように、本参考例の投写レンズ 1 6 は、上記した諸条件を満たすことにより、十分な収差補正がなされ、良好な結像性能が得られていることが分かる。

5 [参考例 4]

図 1 1 は参考例 4 における投写レンズの構成を示す配置図である。本参考例の投写レンズ 1 7 は、第 1 レンズ群 G 1 から第 4 レンズ群 G 4 までの基本構成、及び、光軸 7 と像面 5 との位置関係において、上記参考例 1 の投写レンズ 1 3 と同様である。

10 本参考例の投写レンズ 1 7 が上記参考例 1 の投写レンズ 1 3 と異なる点は、第 1 レンズ群 G 1 、第 2 レンズ群 G 2 、第 3 レンズ群 G 3 及び第 4 レンズ群 G 4 を構成するレンズのパワー配分、及び面間隔などのパラメータである。

15 下記 (表 7) に、図 1 1 に示した投写レンズ 1 7 の各レンズの具体的数値例を示す。

[表 7]

レンズ	第i面	ri	di	ni	vi
5	L1 1	137.548	3.800	1.49015	57.2
	2	32.902	23.330		
	L2 3	-141.738	2.000	1.58913	61.3
		28.227	75.096		
	L3 5	83.999	3.300	1.62004	36.3
		-288.161	1.800		
	L4 7	-41.991	1.500	1.62041	60.3
		25.645	5.000	1.62588	35.7
		-105.810	0.300		
10	L6 10	35.985	3.500	1.62004	36.3
		82.49	6.386		
		Infinity	10.737		
	L7 13	149.645	1.500	1.80609	33.3
		39.126	2.000		
	L8 15	313.632	4.000	1.48749	70.4
		-53.406	0.300		
	L9 17	44.978	7.500	1.49700	81.6
	L10 18	-26.070	1.500	1.80609	33.3
		57.753	1.200		
	L11 20	86.958	4.300	1.51680	64.2
		-64.325	0.300		
		57.715	7.700	1.49700	81.6
	L12 22	-46.579	31.000		
		75.50	5.000	1.83400	37.3
	L13 24	Infinity	16.400		

(非球面データ)						
レンズ	第i面	cc	A4	A6	A8	A10
15	L1 1	-91.88655	3.78951E-06	-5.39148E-10	-1.49128E-13	1.34374E-16
	2	-0.60615	-4.49233E-06	8.10351E-09	-7.81770E-12	1.64759E-15

また、全系の焦点距離は $f = 9.495 \text{ mm}$ 、F ナンバーは F n o . = 2.01、半画角は $\omega = 46.5$ 度である。

本参考例の投写レンズ 17 においても、上記各条件式 (1) ~ (7) を満足するのが望ましい。

20 下記 (表 8) に、本参考例の投写レンズ 17 に関する上記条件式の数値を示す。

[表 8]

$$\begin{aligned}
 t_{12}/f &= 7.9 & t_{34}/f &= 3.3 \\
 t_{34}/d &= 1.9 & (t_{34} + d)/f &= 5.0 \\
 25 \quad f_1/f &= -2.4 & f_2/f &= 9.3 & f_3/f &= 6.2
 \end{aligned}$$

図 12 に、図 11 に示した投写レンズ 17 の収差性能図 (球面収差、

非点収差、歪曲収差) を示す。

図12に示す収差性能図から明らかなように、本参考例の投写レンズ17は、上記した諸条件を満たすことにより、十分な収差補正がなされ、良好な結像性能が得られていることが分かる。

5 [第1の実施の形態]

図13は本発明の第1の実施の形態における投写レンズの構成を示す配置図である。本実施の形態の投写レンズ18は、第1レンズ群G1から第4レンズ群G4までの基本構成、及び、光軸7と像面5との位置関係において、上記参考例1の投写レンズ13と同様である。

10 本実施の形態の投写レンズ18が上記参考例1の投写レンズ13と異なる点は、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4を構成するレンズのパワー配分、及び面間隔などのパラメータと、第1～第4レンズ群G1～G4に共通の光軸7に対して絞り14の開口部が偏心している点である。

15 下記(表9)に、図13に示した投写レンズ18の各レンズの具体的数値例を示す。

[表 9]

レンズ	第i面	ri	di	ni	vi		
5	L1 1	91.906	3.800	1.49015	57.2		
	2	29.766	23.277				
	L2 3	-147.847	2.000	1.58913	61.3		
		4	77.284				
	L3 5	82.032	3.600	1.80609	33.3		
		6	-616.766	1.800			
	L4 7	-53.084	1.500	1.69680	55.5		
		8	35.819	5.000	33.8		
	L5 9	-103.750	0.300				
		10	33.752	3.500	1.62004		
10	11	51.33	5.500		36.3		
	12	Infinity	13.728				
	L7 13	90.906	1.500	1.80609	33.3		
		14	40.773	2.000			
	L8 15	198.916	4.000	1.48749	70.4		
		16	-53.079	0.300			
	L9 17	49.859	7.500	1.49700	81.6		
		18	-26.986	1.500	1.80609		
	L10 19	62.530	1.000		33.3		
		20	81.403	4.800	1.48749		
	21	-90.228	0.300		70.4		
	L11 22	64.245	7.700	1.49700	81.6		
		23	-46.511	31.000			
	L13 24	75.50	5.000	1.83400	37.3		
		25	Infinity	15.480			
(非球面データ)							
15	レンズ	第i面	cc	A4	A6	A8	A10
	L1	1	-41.15915	3.78951E-06	-5.39148E-10	-1.49128E-13	1.34374E-16
		2	-0.81960	-4.49233E-06	8.10351E-09	-7.81770E-12	1.64759E-15

また、全系の焦点距離は $f = 9.674 \text{ mm}$ 、F ナンバーは F n o . = 2.01、半画角は $\omega = 46.0 \text{ 度}$ である。

以下、絞り 1 4 の具体的な形態について、図 1 4 を参照しながら説明する。図 1 4 は本発明の第 1 の実施の形態における投写レンズに用いられる絞りを光軸方向から見た状態を示す概略図である。

図 1 4 中、D 1 は絞り 1 4 の偏心量、D 2 は絞り 1 4 の位置における有効開口半径をそれぞれ示している。図 1 4 に示すように、絞り 1 4 の開口部 1 9 は、D 2 を半径とする円形外周部 2 2 と半楕円 2 1 とで囲まれた、斜線で示す略楕円形状の領域である(以下「楕円開口」ともいう)。半楕円 2 1 は、長軸 A と短軸 B (偏心方向) とで決まる楕円の長軸 A で二等分された片側部分であり、半楕円 2 1 の中心 2 0 を投写レンズ 1 8

の光軸 7 に対して D 1 だけ偏心させている。

このように、本実施の形態の投写レンズ 1 8においては、絞り 1 4が偏心しているため、フォーカス調整の際に絞り 1 4が回転すると、各画角の結像性能も絞り 1 4に追随して回転する。従って、本実施の形態の
5 投写レンズ 1 8において、フォーカス調整は、光軸 7 に対して絞り 1 4が回転しないようにして行われる。具体的には、絞り 1 4は、後側レンズ群としての第 2 レンズ群 G 2 又は第 3 レンズ群 G 3 に固定され、これら後側レンズ群としての第 2 及び第 3 レンズ群 G 2、G 3 を回転させることなく光軸 7 の方向に移動させることによってフォーカス調整が行わ
10 れる。

絞り 1 4の偏心量 D 1 は、照明用の光学部品の配置、照明光の入射角、明るさ、収差性能、などを考慮して、適切に設定すればよい。

本実施の形態においては、長軸 A = 20.8 mm、短軸 B = 12.6 mm、絞り 1 4の偏心量 D 1 = 5.4 mm、絞り 1 4の位置における有効開口半径 D 2 = 11.7 mmに設定されている。
15

本実施の形態における F ナンバー (F n o . = 2.01) は、図 1 4 に示す円形外周部 2 2 の全域を考慮した値であり、投写レンズ 1 8 が許容できる最大集光範囲を示している。従って、偏心させた絞り 1 4 の開口部 1 9 に対する実効的な F ナンバーは、約 3.0 である。

20 本実施の形態の投写レンズ 1 8においても、上記各条件式(1)～(7)を満足するのが望ましいが、本実施の形態の投写レンズ 1 8においては、さらに

$$D_1 / D_2 < 0.5 \quad \dots (12)$$

の条件式を満足するのが望ましい。

25 上記式 (12) は、絞り 1 4 に最適な偏心量を設定するための条件式である。上記式 (12) の上限値を超えると、絞り 1 4 の偏心量が大き

くなりすぎるために光軸 7 に対する対称性が大きく損なわれ、結像性能の非対称性が顕著になるので望ましくない。また、上記式（12）の上限値を超えると、絞り 14において、円形外周部 22 の全域に対する開口部 19 の割合が小さくなる。このことは、投写レンズ 18 が性能上許容できる最大集光範囲に対して、実際に使用できる範囲が小さくなることを意味しており、絞り 14において、無駄な領域が増加してしまう。

尚、倍率調整は、前側レンズ群としての第 1 レンズ群 G1 を光軸 7 の方向に移動させることによって行われる。本レンズはズームレンズではないので、ここでいう倍率調整とは、フォーカス調整によって発生する倍率の変化を補正することを意味しており、以下、同様である。

下記（表 10）に、本実施の形態の投写レンズ 18 に関する上記条件式の数値を示す。

[表 10]

$$\begin{aligned} t_{12}/f &= 8.0 & t_{34}/f &= 3.2 \\ 15 \quad t_{34}/d &= 2.0 & (t_{34}+d)/f &= 4.8 \\ f_1/f &= -2.4 & f_2/f &= 10.3 & f_3/f &= 6.0 \\ D_1/D_2 &= 0.46 \end{aligned}$$

図 15 に、図 13 に示した投写レンズ 18 の収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）を示す。ここでは、円形外周部 22 の全域を絞りとみなした場合の収差性能を示している。楕円開口の場合には、その一部分を使用することになるので、円形外周部 22 の全域に対して十分な収差補正がなされていれば、楕円開口であっても、良好な結像性能を得ることができる。

図 15 に示す収差性能図から明らかなように、本実施の形態の投写レンズ 18 は、上記した諸条件を満たすことにより、十分な収差補正がなされ、良好な結像性能が得られていることが分かる。従って、本実施の

形態の投写レンズ18は、上記（数12）によって規定される偏心量の範囲内においても、良好な結像性能を示し、その対称性が損なわれることはない。

以上説明した本実施の形態の投写レンズ18の構成によれば、Fナンバーが2.0程度の明るい条件下でも良好な収差性能を示し、広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現することのできる投写レンズを提供することができる。特に、『絞り14を偏心させる』という構成を採用することにより、オフセット投写しなくても投写レンズ18と他の光学部品（例えば、照明用のミラーなど）との干渉を避けることができるので、特にDMDなどの反射型空間光変調素子を用いて正面投写を行うことが可能となる。

以下、絞りを偏心させた構成の投写レンズのさらなる実施の形態を挙げて、本発明をさらに具体的に説明する（第2～第4の実施の形態）。

15 [第2の実施の形態]

図16は本発明の第2の実施の形態における投写レンズの構成を示す配置図である。

図16に示すように、本実施の形態の投写レンズ23は、スクリーン4側から像面5側に向かって順に配置された、前側レンズ群としての、2枚のレンズL1、L2からなる負パワーの第1レンズ群G1と、後側レンズ群としての、3枚のレンズL3、L4、L5からなる正パワーの第2レンズ群G2と、同じく後側レンズ群としての、5枚のレンズL6、L7、L8、L9、L10からなる正パワーの第3レンズ群G3と、補助レンズ群としての、単レンズL11からなる正パワーの第4レンズ群G4とにより構成されている。

第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間には、光路折り曲げ手段

としての平面ミラー8が配置されている。平面ミラー8の前後の光軸9、10がなす角を θ としたとき、

$$45\text{ 度} \leq \theta \leq 90\text{ 度} \quad \cdots (13)$$

なる関係を満足するのが望ましい。

5 上記式(13)の上限値を超えると、光路の折り曲げに必要な第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が大きくなるために、投写レンズ23の全長が長くなり、投写レンズ23の大型化や周辺光量の低下を招く。また、上記式(13)の下限値を下回ると、平面ミラー8に必要な有効反射面積が大きくなるために、平面ミラー8の大型化を招く。

10 本実施の形態においては、 $\theta = 70$ 度に設定されている。

平面ミラー8としては、できるだけ反射率の高いものを用いるのが望ましい。反射率が低い場合には、投写レンズ23の鏡筒内部で多くの不要光が発生し、フレアーやコントラストの低下を招く。そのため、平面ミラー8としては、その反射面に誘電体多層膜を蒸着した誘電体多層膜ミラーなどを用いるのが望ましい。誘電体多層膜ミラーは、反射率が高く、それを用いることによって鏡筒内部での不要光の発生を抑制することができる。

絞り14は、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されており、平面ミラー8の前後の前側レンズ群と後側レンズ群とに共通の光軸9、10に対して偏心した開口部を有している。絞り14の具体的な開口形状及び偏心量は、上記第1の実施の形態で説明したものと同様に適切に設定され、本実施の形態においては、長軸A=17.0mm、短軸B=12.0mm、絞り14の偏心量D1=3.0mm、絞り14の位置における有効開口半径D2=9.0mmに設定されている(図14参照)。

本実施の形態の投写レンズ23において、第1～第4レンズ群G1～

G 4 と像面 5 とは、第 1 ~ 第 4 レンズ群 G 1 ~ G 4 に共通の光軸 9、10 が像面 5 の中心を通るように配置されており、これにより空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン 4 上に正面投写することが可能となっている。

5 下記（表 1 1）に、図 1 6 に示した投写レンズ 2 3 の各レンズの具体的な数値例を示す。

[表 1 1]

レンズ	第i面	ri	di	ni	vi	
10	L1 1	403.546	3.700	1.49015	57.2	
	2	36.117	16.389			
	L2 3	-193.196	2.000	1.71300	53.9	
	4	20.074	40.000			
	5	Infinity	25.000			
	L3 6	58.596	3.100	1.80517	25.5	
	7	-657.064	0.300			
	L4 8	31.487	1.700	1.71300	53.9	
	9	20.668	10.041			
	L5 10	22.355	2.500	1.62004	36.3	
15	11	46.72	6.500			
	12	Infinity	8.346			
	L6 13	-66.952	1.500	1.83400	33.3	
	L7 14	25.832	5.000	1.48749	70.4	
	15	-42.734	0.300			
	L8 16	96.259	1.500	1.80517	25.5	
	L9 17	24.575	6.000	1.51680	64.2	
	18	-62.896	0.300			
	L10 19	34.931	6.000	1.49700	81.6	
	20	-52.426	25.000			
	L11 21	65.000	3.800	1.83400	33.3	
	22	Infinity	10.485			
(非球面データ)						
20	レンズ 第i面	cc	A4	A6	A8	A10
	L1 1	0.00000	1.47367E-05	-9.66061E-09	3.50758E-12	1.01123E-15
	2	-7.95748	2.47708E-05	-1.08407E-08	-1.84706E-11	9.07824E-15

また、全系の焦点距離は $f = 7.098 \text{ mm}$ 、F ナンバーは F n o . = 2.03、半画角は $\omega = 45.0 \text{ 度}$ である。

尚、偏心させた絞り 1 4 の開口部に対する実効的な F ナンバーは、約 2.6 である。

25 本実施の形態の投写レンズ 2 3 においても、上記各条件式(1)~(8)を満足するのが望ましい。

下記（表12）に、本実施の形態の投写レンズ23に関する上記条件式の数値を示す。

[表12]

$$\begin{aligned} t_{12}/f &= 9.2 & t_{34}/f &= 3.5 \\ 5 \quad t_{34}/d &= 2.4 & (t_{34}+d)/f &= 5.0 \\ f_1/f &= -2.3 & f_2/f &= 7.7 & f_3/f &= 7.1 \\ D_1/D_2 &= 0.33 \end{aligned}$$

図17に、図16に示した投写レンズ23の収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）を示す。

10 図17に示す収差性能図から明らかなように、本実施の形態の投写レンズ23は、上記した諸条件を満たすことにより、十分な収差補正がなされ、良好な結像性能が得られていることが分かる。

以上説明した本実施の形態の投写レンズ23の構成によれば、特にDMなど反射型空間光変調素子を用いて正面投写を行う場合に適し、15 Fナンバーが2.0程度の明るい条件下でも良好な収差性能を示し、広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現することのできる投写レンズを提供することができる。

[第3の実施の形態]

20 図18は本発明の第3の実施の形態における投写レンズの構成を示す配置図である。

図18に示すように、本実施の形態の投写レンズ24は、上記第2の実施の形態の投写レンズ23と同様に、スクリーン4側から像面5側に向かって順に配置された、前側レンズ群としての、2枚のレンズL1、25 L2からなる負パワーの第1レンズ群G1と、後側レンズ群としての、3枚のレンズL3、L4、L5からなる正パワーの第2レンズ群G2と、

同じく後側レンズ群としての、5枚のレンズL6、L7、L8、L9、L10からなる正パワーの第3レンズ群G3と、補助レンズ群としての、単レンズL11からなる正パワーの第4レンズ群G4により構成されている。

5 また、上記第2の実施の形態の投写レンズ23と同様に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間には、光路折り曲げ手段としての平面ミラー8が配置されている。平面ミラー8の前後の光軸9、10がなす角θは、上記第2の実施の形態で説明したものと同様に適切に設定され、本実施の形態においては、 $\theta = 60$ 度に設定されている。

10 絞り14は、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されており、平面ミラー8の前後の前側レンズ群と後側レンズ群とに共通の光軸9、10に対して偏心した開口部を有している。

本実施の形態においては、絞り14を、平面ミラー8の前後の光軸9、10を含む面（紙面）に垂直な方向に偏心させている。すなわち、空間光変調素子としてのDMDの有効表示領域が長軸と短軸とを有する矩形状であるとき、絞り14は、前記長軸に沿った方向に偏心している。絞り14の具体的な開口形状及び偏心量は、上記第1の実施の形態で説明したものと同様に適切に設定され、本実施の形態においては、長軸A=15.3mm、短軸B=10.2mm、絞り14の偏心量D1=3.2mm、絞り14の位置における有効開口半径D2=8.3mmに設定されている（図14参照）。

本実施の形態の投写レンズ24において、第1～第4レンズ群G1～G4と像面5とは、第1～第4レンズ群G1～G4に共通の光軸9、10が像面5の中心を通るように配置されており、これにより空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン4上に正面投写することが可能となっている。

以下、本実施の形態における投写レンズ24のレンズ構成について、より具体的に説明する。

第1レンズ群G1は、スクリーン4側から順に配置された、スクリーン4側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、負レンズL2とから
5 なり、全体として負の屈折力を有している。負メニスカスレンズL1は、その両面が非球面となっている。最も軸外光線の高くなる、第1レンズ群G1のスクリーン4に最も近い位置に、非球面を配置することにより、第1レンズ群G1で発生する大きな歪曲収差を補正すると同時に、軸外の諸収差のバランスを適切に制御することができる。

10 第2レンズ群G2は、スクリーン4側から順に配置された、正レンズL3と、スクリーン4側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、スクリーン4側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5とからなり、全体として正の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、スクリーン4側から順に配置された、負レンズL6と正レンズL7との第1の接合レンズと、負レンズL8と正レンズL9との第2の接合レンズと、正レンズL10とからなり、全体として正の屈折力を有している。

第3レンズ群G3の像面5（空間光変調素子）に最も近い位置に配置された正レンズL10は、異常分散硝子からなっている。この部分に異常分散硝子を使用することにより、他の接合レンズでは補正しきれない軸外の色収差を補正することが可能となる。

第4レンズ群G4は、スクリーン4側に凸面を向けた1枚の平凸レンズL11とからなり、正の屈折力を有している。

下記（表13）に、図18に示した投写レンズ24の各レンズの具体的な数値例を示す。

[表 1 3]

レンズ	第i面	ri	di	ni	vi	
L1	1	82.588	3.500	1.49015	57.2	
	2	26.848	17.300			
L2	3	-551.850	2.000	1.71300	53.9	
	4	19.760	38.000			
5	5	Infinity	20.000			
	6	42.880	3.200	1.80517	25.5	
L3	7	-5270.000	0.300			
	8	31.933	1.500	1.71300	53.9	
L4	9	18.141	10.100			
	10	21.577	3.000	1.64769	33.8	
L5	11	36.52	5.500			
	12	Infinity	8.600			
L6	13	-91.500	1.500	1.83400	33.3	
	14	26.351	5.500	1.48749	70.4	
L7	15	-44.091	0.300			
	16	112.115	1.500	1.80517	25.5	
L8	17	24.690	6.500	1.51680	64.2	
	18	-56.750	0.300			
L9	19	34.910	6.500	1.49700	81.6	
	20	-46.965	22.000			
L10	21	65.000	3.800	1.83400	33.3	
	22	Infinity	12.500			
(非球面データ)						
レンズ	第i面	cc	A4	A6	A8	A10
L1	1	-8.44121	8.58356E-06	-6.56373E-10	-2.58456E-12	3.17977E-15
	2	-3.87040	2.22619E-05	-1.56617E-08	9.58095E-12	-1.54987E-14

15 また、全系の焦点距離は $f = 7.104\text{ mm}$ 、F ナンバーは F n o . = 2.02、半画角は $\omega = 45.0$ 度である。

尚、偏心させた絞り 1/4 の開口部に対する実効的な F ナンバーは、約 2.7 である。

本実施の形態の投写レンズ 2/4 においても、上記各条件式(1)~(8)
20 を満足するのが望ましい。

下記（表 1/4）に、本実施の形態の投写レンズ 2/4 に関する上記条件式の数値を示す。

[表 1/4]

$$\begin{aligned}
 t_{12}/f &= 8.2 & t_{34}/f &= 3.1 \\
 25 \quad t_{34}/d &= 1.8 & (t_{34} + d)/f &= 4.9 \\
 f_1/f &= -2.4 & f_2/f &= 8.8 & f_3/f &= 6.1
 \end{aligned}$$

$$D_1 / D_2 = 0.39$$

図19に、図18に示した投写レンズ24の収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）を示す。

図19に示す収差性能図から明らかのように、本実施の形態の投写レンズ24は、上記した諸条件を満たすことにより、十分な収差補正がなされ、良好な結像性能が得られていることが分かる。

本実施の形態の投写レンズ24においては、第3レンズ群G3に含まれる接合レンズを構成する正レンズL7のアッペ数と屈折率をν3p、n3p、第3レンズ群G3に含まれる接合レンズを構成する負レンズL6のアッペ数と屈折率をν3n、n3nとしたとき、

$$\nu_3p > \nu_3n \quad \cdots (10)$$

$$n_3p < n_3n \quad \cdots (11)$$

の各条件式を満足するのが望ましい。

これらの条件式を満足することにより、軸外の色収差を効果的に補正することができる。

以上説明した本実施の形態の投写レンズ24の構成によれば、特にDMDなどの反射型空間光変調素子を用いて正面投写を行う場合に適し、Fナンバーが2.0程度の明るい条件下でも良好な収差性能を示し、広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現することのできる投写レンズを提供することができる。

[第4の実施の形態]

図20は本発明の第4の実施の形態における投写レンズの構成を示す配置図である。

図20に示すように、本実施の形態の投写レンズ25は、スクリーン4側から像面5側に向かって順に配置された、前側レンズ群としての、

2枚のレンズL1、L2からなる負パワーの第1レンズ群G1と、後側レンズ群としての、4枚のレンズL3、L4、L5、L6からなる正パワーの第2レンズ群G2と、同じく後側レンズ群としての、6枚のレンズL7、L8、L9、L10、L11、L12からなる正パワーの第3レンズ群G3と、単レンズL13からなる正パワーの第4レンズ群G4とにより構成されている。

また、上記第2の実施の形態の投写レンズ23と同様に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間には、光路折り曲げ手段としての平面ミラー8が配置されている。平面ミラー8の前後の光軸9、10がなす角 θ は、上記第2の実施の形態で説明したものと同様に適切に設定され、本実施の形態においては、 $\theta = 65$ 度に設定されている。

絞り14は、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されており、平面ミラー8の前後の前側レンズ群と後側レンズ群とに共通の光軸9、10に対して偏心した開口部を有している。

本実施の形態においては、絞り14を、平面ミラー8の前後の光軸9、10を含む面（紙面）に平行でかつ光軸10に垂直な方向に偏心させている。すなわち、空間光変調素子としてのDMDの有効表示領域が長軸と短軸とを有する矩形状であるとき、絞り14は、前記短軸に沿った方向に偏心している。絞り14の具体的な開口形状及び偏心量は、上記第1の実施の形態で説明したものと同様に適切に設定され、本実施の形態においては、長軸A=22.2mm、短軸B=14.8mm、絞り14の偏心量D1=4.6mm、絞り14の位置における有効開口半径D2=12.0mmに設定されている（図14参照）。

本実施の形態の投写レンズ25において、第1～第4レンズ群G1～G4と像面5とは、第1～第4レンズ群G1～G4に共通の光軸9、10が像面5の中心を通るように配置されており、これにより空間光変調

素子上に形成された光学像をスクリーン4上に正面投写することが可能となっている。

以下、本実施の形態における投写レンズ25のレンズ構成について、より具体的に説明する。

5 第1レンズ群G1は、スクリーン4側から順に配置された、スクリーン4側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、負レンズL2とからなっており、全体として負の屈折力を有している。負メニスカスレンズL1は、その両面が非球面となっている。最も軸外光線の高くなる、第1レンズ群G1のスクリーン4に最も近い位置に、非球面を配置することにより、第1レンズ群G1で発生する大きな歪曲収差を補正すると同時に、軸外の諸収差のバランスを適切に制御することができる。
10

第2レンズ群G2は、スクリーン4側から順に配置された、正レンズL3と、負レンズL4と正レンズL5との接合レンズと、スクリーン4側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6とからなり、全体として正の屈折力を有している。
15

第3レンズ群G3は、スクリーン4側から順に配置された、スクリーン4側に凸面を向けた負メニスカスレンズL7と、正レンズL8と、正レンズL9と負レンズL10との接合レンズと、正レンズL11と、正レンズL12とからなり、全体として正の屈折力を有している。

20 第3レンズ群G3の像面5（空間光変調素子）に最も近い位置に配置された正レンズL12は、異常分散硝子からなっている。この部分に異常分散硝子を使用することにより、他の接合レンズでは補正しきれない軸外の色収差を補正することが可能となる。

第4レンズ群G4は、スクリーン4側に凸面を向けた1枚の平凸レンズL13からなり、正の屈折力を有している。
25

下記（表15）に、図20に示した投写レンズ25の各レンズの具体

的数値例を示す。

[表 15]

	レンズ 第i面	ri	di	ni	vi	
5	L1 1	75.819	3.800	1.49015	57.2	
	2	28.397	22.400			
	L2 3	-143.750	2.200	1.58913	61.3	
		26.920	49.500			
	L3 6	Infinity	27.500			
		122.160	3.100	1.80609	33.3	
	7	-186.000	1.300			
	L4 8	-50.246	1.400	1.69680	55.5	
	L5 9	41.810	4.500	1.64769	33.8	
		-126.000	0.300			
10	L6 11	37.30	3.000	1.62004	36.3	
		94.210	5.000			
	L7 14	Infinity	15.000			
		131.950	1.300	1.80609	33.3	
	L8 16	40.409	1.600			
		138.690	3.700	1.48749	70.4	
	17	-58.300	0.300			
	L9 18	50.500	7.300	1.49700	81.6	
	L10 19	-27.200	1.500	1.80609	33.3	
		71.850	0.700			
	L11 21	128.160	4.300	1.48749	70.4	
		-70.570	0.300			
	L12 23	59.510	7.000	1.49700	81.6	
		-48.82	31.000			
	L13 25	75.500	5.000	1.83400	37.3	
		Infinity	15.430			
15	(非球面データ)					
	レンズ 第i面	cc	A4	A6	A8	A10
	L1 1	-24.28822	2.97888E-06	8.78179E-10	-1.07634E-12	4.32077E-16
		-0.77538	-6.35826E-06	9.94300E-09	-9.44795E-12	2.03492E-15

また、全系の焦点距離は $f = 9.963 \text{ mm}$ 、F ナンバーは F n o.

= 2.01、半画角は $\omega = 45.2 \text{ 度}$ である。

20 尚、偏心させた絞り 14 の開口部に対する実効的な F ナンバーは、約 2.7 である。

本実施の形態の投写レンズ 25 においても、上記各条件式(1)~(8)を満足するのが望ましい。

25 下記(表 16)に、本実施の形態の投写レンズ 25 に関する上記条件式の数値を示す。

[表 16]

$$\begin{aligned}
 t_{12}/f &= 7.8 & t_{34}/f &= 3.1 \\
 t_{34}/d &= 2.0 & (t_{34}+d)/f &= 4.7 \\
 f_1/f &= -2.4 & f_2/f &= 8.7 & f_3/f &= 6.3 \\
 D_1/D_2 &= 0.38
 \end{aligned}$$

5 図21に、図20に示した投写レンズ25の収差性能図（球面収差、非点収差、歪曲収差）を示す。

図21に示す収差性能図から明らかなように、本実施の形態の投写レンズ25は、上記した諸条件を満たすことにより、十分な収差補正がなされ、良好な結像性能が得られていることが分かる。

10 本実施の形態の投写レンズ25においては、第2レンズ群G2に含まれる接合レンズを構成する正レンズL5のアッベ数と屈折率をν2p、n2p、第2レンズ群G2に含まれる接合レンズを構成する負レンズL4のアッベ数と屈折率をν2n、n2nとしたとき、

$$\nu_2 p < \nu_2 n \quad \dots (8)$$

15 $n_2 p < n_2 n \quad \dots (9)$

の各条件式を満足するのが望ましい。

また、本実施の形態の投写レンズ25においては、第3レンズ群G3に含まれる接合レンズを構成する正レンズL9のアッベ数と屈折率をν3p、n3p、第3レンズ群G3に含まれる接合レンズを構成する負レンズL10のアッベ数と屈折率をν3n、n3nとしたとき、

$$\nu_3 p > \nu_3 n \quad \dots (10)$$

$$n_3 p < n_3 n \quad \dots (11)$$

の各条件式を満足するのが望ましい。

これらの条件式を満足することにより、軸外の色収差を効果的に補正することができる。

以上説明した本実施の形態の投写レンズ25の構成によれば、特にD

MDなどの反射型空間光変調素子を用いて正面投写を行う場合に適し、Fナンバーが2.0程度の明るい条件下でも良好な収差性能を示し、広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現することのできる投写レンズを
5 提供することができる。

尚、上記参考例1～4、及び第1～第4の実施の形態においては、第1レンズ群G1を構成するスクリーン4側のレンズL1の両面が非球面である場合を例に挙げて説明したが、目的に見合う収差補正が得られるのであれば、いずれか一方の面のみを非球面としたものであってもよい。

10 また、投写レンズの具体的なレンズ構成は、上記参考例1～4、及び第1～第4の実施の形態で説明したものに限定されるものではない。スクリーン4側から像面5側に向かって順に配置された、前側レンズ群と後側レンズ群とを備え、前記後側レンズ群が、前記前側レンズ群と前記後側レンズ群とに共通の光軸7（あるいは9）に対して偏心した絞り14を有し、前記後側レンズ群を回転させることなく光軸7（あるいは9）の方向に移動させることによってフォーカス調整を行うように構成されたものであれば、本発明の所期の目的を達成することができる。

また、上記参考例1～4、及び第1～第4の実施の形態においては、補助レンズ群としての第4レンズ群G4がスクリーン4側に凸面を向けた1枚の平凸レンズからなる場合を例に挙げて説明したが、補助レンズ群としての第4レンズ群G4は必ずしもかかる構成のものに限定されるものではなく、複数枚のレンズで構成したものや、像面5側に凸面を向けたものであってもよい。

[第5の実施の形態]

25 図22～図24は本発明の第5の実施の形態における投写型表示装置の構成を示す配置図であり、図22はx-z平面について、図23はy

－z 平面について、図 24 は x－y 平面についてそれぞれ示したものである。

図 22～図 24 に示すように、本実施の形態の投写型表示装置の投写光学系 195 は、映像信号に応じた光学像を形成する空間光変調素子としての DMD 190 と、DMD 190 を照明する照明手段としての、ランプ 181 から平面ミラー 189 までの照明光学系 196 と、DMD 190 上に形成された前記光学像をスクリーン（図示せず）上に投影する投写レンズ 197 とを備えている。

照明光学系 196 は、DMD 190 を照明するための照明光を形成する。具体的には、照明光学系 196 は、ランプ 181 からの放射光を橢円面鏡 182 によって集光し、前記放射光から紫外線と赤外線を取り除く UV－IR カットフィルタ 183 を透過させた後、回転型カラーフィルタ 184 の近傍に集光スポットを形成する。

ランプ 181 としては、超高圧水銀ランプやキセノンランプ等が用いられる。これらのランプは、輝度が高く、発光部が比較的小さいため、橢円面鏡 182 によって放射光を効率良く集光することができる。

回転型カラーフィルタ 184 は、赤、緑、青のカラーフィルタを円盤状に組み合わせて構成されており、当該回転型カラーフィルタ 184 をモータ 185 で回転させることにより、橢円面鏡 182 で集光された光のうち、赤、緑、青の光を順次選択的に透過させることができる。そして、これにより、照明手段としての照明光学系 196 は、赤(R)、緑(G)、青(B) の三原色光が時間的に切り替わる照明光を形成し、空間光変調素子としての DMD 190 は、前記三原色光に対応した光学像を時間的に切り替えて表示することができる。

回転型カラーフィルタ 184 を透過した発散光は、コンデンサレンズ 186 によって集光された後、第 1 レンズアレイ 187、第 2 レンズア

レイ 188、平面ミラー 189 及びレンズ 191 を介して DMD 190 を照明する。

図 25 に、第 1 レンズアレイ 187 の構成を示す。図 25 A は断面図、図 25 B は平面図をそれぞれ示している。図 25 に示すように、第 1 レンズアレイ 187 は、DMD 190 とほぼ相似の形状を有する複数の第 1 レンズ 187a を 2 次元的に配列して構成されている。このため、コンデンサレンズ 186 によって集光された光束が第 1 レンズアレイ 187 に入射すると、当該光束は第 1 レンズ 187a によって複数の微小光束に分割される。

図 26 に、第 2 レンズアレイ 188 の構成を示す。図 26 A は断面図、図 26 B は平面図をそれぞれ示している。図 26 に示すように、第 2 レンズアレイ 188 は、第 1 レンズ 187a と同数で対を成す複数の第 2 レンズ 188a を 2 次元的に配列して構成されている。

第 1 レンズ 187a は、当該第 1 レンズ 187a に入射した微小光束を、これに対応する第 2 レンズ 188a 上に集光する。そのため、第 1 レンズ 187a は、第 2 レンズ 188a の配列に合わせて、それぞれ適切に偏心させて配列されている。また、第 2 レンズ 188a は、これに対応する第 1 レンズ 187a に入射した微小光束を拡大して、DMD 190 上に結像させる。そのため、第 2 レンズ 188a は、これに対応する第 1 レンズ 187a と DMD 190 との位置関係に応じて、それぞれ適切に偏心させて配列されている。

以上のように照明光学系 196 中の光学部品として第 1 及び第 2 レンズアレイ 187、188 を用いることにより、コンデンサレンズ 186 によって集光された、比較的明るさむらや色むらの大きい光束を、第 1 レンズ 187a によって複数の微小光束に分割し、それらを、対応する第 2 レンズ 188a によって拡大して、DMD 190 上で重畠すること

ができるので、明るさむらや色むらの小さい、均一照明を実現することができる。

DMD 190は、図30に示したものと同様に、画素ごとに設けられた微小ミラーを2次元的に配列してなる反射型の空間光変調素子であり、
5 微小ミラーの傾き角を変化させて光の反射方向を制御することにより、入射する照明光を変調することができる。図22に示すDMD 190の各微小ミラーの傾き角は、±12度である。

DMD 190上には、上記変調作用による光学像が形成され、この光学像は、投写レンズ197によってスクリーン上に拡大投影される。

10 投写レンズ197は、図20に示した上記第4の実施の形態の投写レンズと同一の構成を有し、第1～第3レンズ群を含む主レンズ群192と、補助レンズ群としての平凸レンズ191からなる第4レンズ群により構成されている。このため、投写レンズ197は、図21に示したような良好な結像性能を有し、高画質な投写画像を得ることができる。
15 また、第3レンズ群（主レンズ群192の、平凸レンズ191側のレンズ群）と第4レンズ群（平凸レンズ191）との間に十分長い空気間隔が確保されているので、その空間に照明光学系196の平面ミラー189を配置することができ、その結果、投写型表示装置の小型化を図ることができ。

20 さらに、図23に示すように、投写レンズ197の絞り193は、光軸194に対して偏心しており、かつ、図14に示したような楕円開口を有している。そのため、照明光の光軸198と投写光の光軸199とのなす角が大きくなり（投写光と照明光との分離が可能となり）、正面投写でありながら、投写レンズ197と平面ミラー189などの光学部品とが干渉し難い構成となっている。
25

また、平凸レンズ191は、照明光（光軸198）と投写光（光軸1

99) の光路を共有しており、投写レンズ 197 の絞り 193 と第 2 レンズアレイ 188 の面を共役関係としている。そのため、図 26 に示すように、第 2 レンズアレイ 188 の外形を絞り 193 の開口部とほぼ相似の機能形状とすることによって、照明光が効率良く絞り 193 を通過
5 できるような設計がなされている。

尚、本実施の形態においては、投写レンズ 197 として上記第 4 の実施の形態で説明した投写レンズを用いる場合を例に挙げて説明したが、上記第 1 ~ 第 3 の実施の形態で説明した投写レンズを用いることによつても同等の効果が得られる。

10 また、投写レンズ 197 のスクリーン側に視野絞りを配置すれば、投写型表示装置から出射する不要光をカットすることが可能となる。

以上説明した本実施の形態の投写型表示装置の構成によれば、特に DMD などの反射型空間光変調素子を用いて正面投写を行う場合に適し、F ナンバーが 2.0 程度の明るい条件下でも良好な収差性能を示し、広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現することのできる上記第 1 ~ 第 4 の実施の形態で説明した投写レンズが用いられているので、明るくて、高画質の画像表示が可能な、小型で低コストの投写型表示装置を提供することができる。
15

20 [第 6 の実施の形態]

図 27 は本発明の第 6 の実施の形態における背面投写型表示装置を示す配置図であり、図 27A は正面図、図 27B は側面図をそれぞれ示している。

図 27 に示すように、本実施の形態の背面投写型表示装置は、投写型表示装置 231 と、投写型表示装置 231 からの投写画像を映し出す透過型スクリーン 232 とを備えている。投写型表示装置 231 としては、
25

上記第5の実施の形態で説明した投写型表示装置と同一の構成を有するものが用いられており、当該投写型表示装置231は、透過型スクリーン232を保持した筐体233内に配置されている。

投写型表示装置231の投写レンズから出射する光は、投写型表示装置231と透過型スクリーン232との間に配置された、光路を折り曲げるための反射手段としての折り返しミラー234によって反射され、透過型スクリーン232に入射する。

透過型スクリーン232は、例えば、フレネルレンズとレンチキュラレンズにより構成されている。フレネルレンズの焦点距離は、フレネルレンズから投写レンズに至る光路長とおよそ等しく設定されており、当該フレネルレンズは、入射光を適切に屈折させて、透過型スクリーン232の前方に透過させる。視聴者は、投写型表示装置231が拡大投影した像を、透過型スクリーン232を通して観察することができる。

以上説明した本実施の形態の背面投写型表示装置の構成によれば、特にDMDなどの反射型空間光変調素子を用いて正面投写を行う場合に適し、Fナンバーが2.0程度の明るい条件下でも良好な収差性能を示し、広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現することのできる上記第1～第4の実施の形態で説明した投写レンズを備えた投写型表示装置が用いられているので、明るくて、高画質の画像表示が可能な、小型で低コストの背面投写型表示装置を提供することができる。

[第7の実施の形態]

図28は本発明の第7の実施の形態における背面投写型表示装置を示す配置図である。

図28において、241は投写型表示装置を示しており、当該投写型表示装置241としては、上記第5の実施の形態で説明した投写型表示

装置と同一の構成を有するものが用いられている。そして、4枚の透過型スクリーン242を保持した筐体243内に、透過型スクリーン242と同数で対を成す複数の投写型表示装置241が配置されている。

複数の投写型表示装置241からの画像を並べてマルチ画面を表示する場合、単位画面間の境界を挟んだ両側の明るさ、解像度やホワイトバランスの差は、小さいほうが望ましい。本実施の形態の背面投写型表示装置においては、上記第5の実施の形態で説明した投写型表示装置と同一の構成を有する投写型表示装置241が用いられている。投写型表示装置241は、上述の通り、明るさと色に関して均一照明を実現する照明光学系と、均一性の高い解像度を実現する投写レンズとにより構成されているので、単位画面間のホワイトバランス、明るさ、解像度のバラツキを極めて小さくすることができる。

以上説明した本実施の形態の背面投写型表示装置の構成によれば、上記第6の実施の形態の場合と同様に、明るくて、高画質の画像表示が可能な、小型で低コストの背面投写型表示装置を提供することができる。

尚、上記第5～第7の実施の形態においては、空間光変調素子として反射型のDMDを用いた場合を例に挙げて説明したが、空間光変調素子としては、例えば、反射型や透過型の液晶パネルを用いた構成のものであってもよい。

また、DMDとしては、例えば、微小ミラーのチルト角やチルト方向が、図30、図31に示したものや上記実施の形態で説明したものと異なるものを用いてもよい。

また、上記第5～第7の実施の形態においては、照明手段として第1及び第2レンズアレイ187、188を含む照明光学系196を例に挙げて説明したが、照明手段としては、第1及び第2レンズアレイを用いない構成のものや、ガラスロッド等のインテグレータ素子を用いた構成

のものであってもよい。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明の投写レンズは、特にDMDなどの反射型空間光変調素子を用いて正面投写を行う場合に適し、Fナンバーが2.0程度の明るい条件下でも良好な収差性能を示し、広角、長いバックフォーカス、高い周辺光量比、といった投写型表示装置に要求される仕様を合理的な構成で実現することができるので、明るくて、高画質の画像表示が可能な、小型で低コストの投写型表示装置あるいは背面投写型表示装置を実現するために利用可能である。

請求の範囲

1. 空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、
 - 5 前記スクリーン側から像面側に向かって順に配置された、前側レンズ群と後側レンズ群とを備え、
前記後側レンズ群は、前記前側レンズ群と前記後側レンズ群とに共通の光軸に対して偏心した絞りを有し、
前記後側レンズ群を回転させることなく前記光軸方向に移動させることによってフォーカス調整を行うようにしたことを特徴とする投写レンズ。
 - 10 2. 前記前側レンズ群を前記光軸方向に移動させることによって倍率調整を行うようにした請求項1に記載の投写レンズ。
 - 15 3. 前記後側レンズ群と前記像面との間に、補助レンズ群をさらに備えた請求項1に記載の投写レンズ。
 4. 前記前側レンズ群と前記後側レンズ群との間に、光路折り曲げ手段をさらに備えた請求項1に記載の投写レンズ。
 5. 前記絞りが、前記光路折り曲げ手段の前後の前記光軸を含む面上平行な方向に偏心している請求項4に記載の投写レンズ。
 - 20 6. 前記絞りが、前記光路折り曲げ手段の前後の前記光軸を含む面上垂直な方向に偏心している請求項4に記載の投写レンズ。
 7. 前記光路折り曲げ手段の前後の前記光軸がなす角を θ としたとき、
$$45\text{ 度} \leq \theta \leq 90\text{ 度}$$
 . . . (13)
 - 25 8. 前記絞りの開口部が略楕円形状である請求項1に記載の投写レ

ンズ。

9. 前記絞りの偏心量をD1、前記絞りの位置における有効開口半径をD2としたとき、

$$D1/D2 < 0.5 \quad \dots (12)$$

5 の条件式を満足する請求項8に記載の投写レンズ。

10. 前記空間光変調素子の有効表示領域が長軸と短軸とを有する矩形状であり、前記絞りが前記長軸に沿った方向又は前記短軸に沿った方向に偏心している請求項1に記載の投写レンズ。

11. 前記前側レンズ群は、負パワーの第1レンズ群からなり、

10 前記後側レンズ群は、前記スクリーン側から順に配置された、正パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群とからなり、

前記補助レンズ群は、正パワーの第4レンズ群からなり、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の軸上空気間隔をt12、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間の軸上空気間隔をt34、

15 全系の焦点距離をfとしたとき、

$$6.2 < t12/f < 10.5 \quad \dots (1)$$

$$2.7 < t34/f < 4.4 \quad \dots (2)$$

の各条件式を満足する請求項3に記載の投写レンズ。

12. 前記絞りが、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に20配置された請求項11に記載の投写レンズ。

13. 前記第1レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、前記スクリーン側に凸面を向け、少なくとも1面が非球面である負メニスカスレンズと、負レンズとからなり、

25 前記第2レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、正レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズと、前記スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、

前記第3レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、前記スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、正レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズと、正レンズと、正レンズとからなり、

前記第4レンズ群が、1枚の正レンズからなる請求項11に記載の投
5 写レンズ。

14. 前記第1レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、前記スクリーン側に凸面を向け、少なくとも1面が非球面である負メニスカスレンズと、負レンズとからなり、

前記第2レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、正レン
10 ズと、前記スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、前記スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、

前記第3レンズ群が、前記スクリーン側から順に配置された、負レンズと正レンズとの第1の接合レンズと、負レンズと正レンズとの第2の接合レンズと、正レンズとからなり、

15 前記第4レンズ群が、1枚の正レンズからなる請求項11に記載の投写レンズ。

16. 前記第1レンズ群の前記スクリーンに最も近い位置に配されるレンズが非球面レンズである請求項11～14のいずれかに記載の投写レンズ。

20 16. 前記補助レンズ群は、前記スクリーン側に凸面を向けた1枚の平凸レンズからなる請求項3又は11に記載の投写レンズ。

17. 前記第3レンズ群の前記空間光変調素子に最も近い位置に配されるレンズが異常分散硝子からなる請求項11～14のいずれかに記載の投写レンズ。

25 18. 前記第4レンズ群と前記像面との間の軸上空気間隔をdとしたとき、

$$1. \quad 6 < t_{34} / d < 2. \quad 6 \quad \dots (3)$$

$$4. \quad 2 < (t_{34} + d) / f < 6. \quad 0 \quad \dots (4)$$

の各条件式を満足する請求項 11～14 のいずれかに記載の投写レンズ。

19. 前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 としたとき、

$$-2. \quad 9 < f_1 / f < -2. \quad 1 \quad \dots (5)$$

$$7. \quad 3 < f_2 / f < 14. \quad 5 \quad \dots (6)$$

$$5. \quad 7 < f_3 / f < 7. \quad 5 \quad \dots (7)$$

の各条件式を満足する請求項 11～14 のいずれかに記載の投写レンズ。

20. 前記光路折り曲げ手段が誘電体多層膜ミラーである請求項 4 に記載の投写レンズ。

21. 前記第 2 レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記正レンズのアッベ数と屈折率を ν_{2p} 、 n_{2p} 、前記第 2 レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記負レンズのアッベ数と屈折率を ν_{2n} 、 n_{2n} としたとき、

$$\nu_{2p} < \nu_{2n} \quad \dots (8)$$

$$n_{2p} < n_{2n} \quad \dots (9)$$

の各条件式を満足する請求項 13 に記載の投写レンズ。

22. 前記第 3 レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記正レンズのアッベ数と屈折率を ν_{3p} 、 n_{3p} 、前記第 3 レンズ群に含まれる前記接合レンズを構成する前記負レンズのアッベ数と屈折率を ν_{3n} 、 n_{3n} としたとき、

$$\nu_{3p} > \nu_{3n} \quad \dots (10)$$

$$n_{3p} < n_{3n} \quad \dots (11)$$

の各条件式を満足する請求項 13 又は 14 に記載の投写レンズ。

23. 映像信号に応じた光学像を形成する空間光変調素子と、

前記空間光変調素子を照明する照明手段と、
前記空間光変調素子上に形成された前記光学像をスクリーン上に投影
する投写レンズとを備えた投写型表示装置であって、
前記投写レンズとして請求項 1～22 のいずれかに記載の投写レンズ
5 を用いることを特徴とする投写型表示装置。

24. 前記空間光変調素子が、複数の微小ミラーを二次元的に配列
してなる DMD (Digital Micro-Mirror Device) である請求項 23 に記
載の投写型表示装置。

25. 前記投写レンズの前記スクリーン側に、視野絞りをさらに備
10 えた請求項 23 に記載の投写型表示装置。

26. 前記照明手段は、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の三原色光が
時間的に切り替わる照明光を形成し、前記空間光変調素子は、前記三原
色光に対応した前記光学像を時間的に切り替えて表示する請求項 23 に
記載の投写型表示装置。

15 27. 投写型表示装置と、
前記投写型表示装置からの投写画像を映し出す透過型スクリーンとを
備えた背面投写型表示装置であって、
前記投写型表示装置として請求項 23～26 のいずれかに記載の投写
型表示装置を用いることを特徴とする背面投写型表示装置。

20 28. 前記投写型表示装置と前記透過型スクリーンとの間に、光路
を折り曲げるための反射手段をさらに備えた請求項 27 に記載の背面投
写型表示装置。

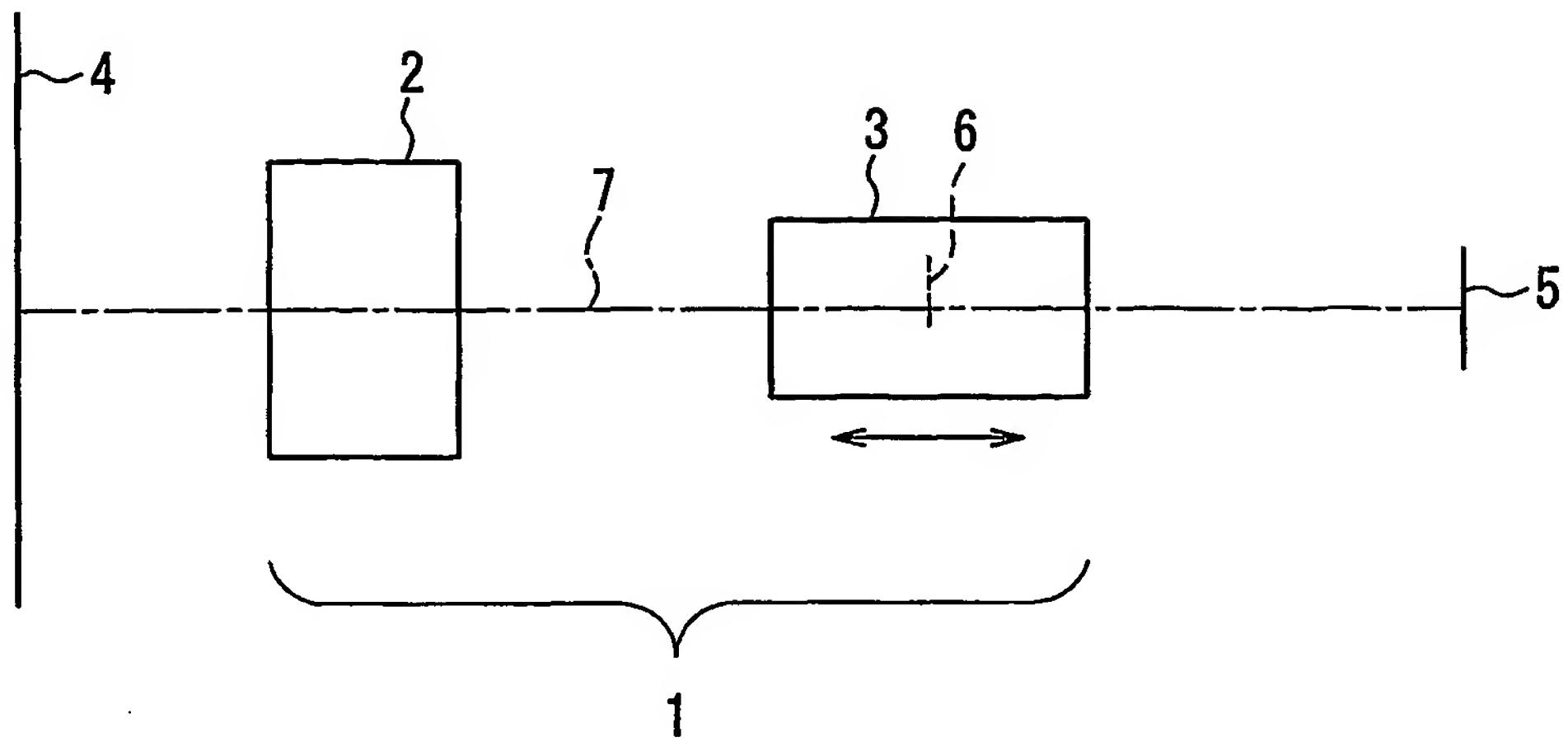


FIG. 1

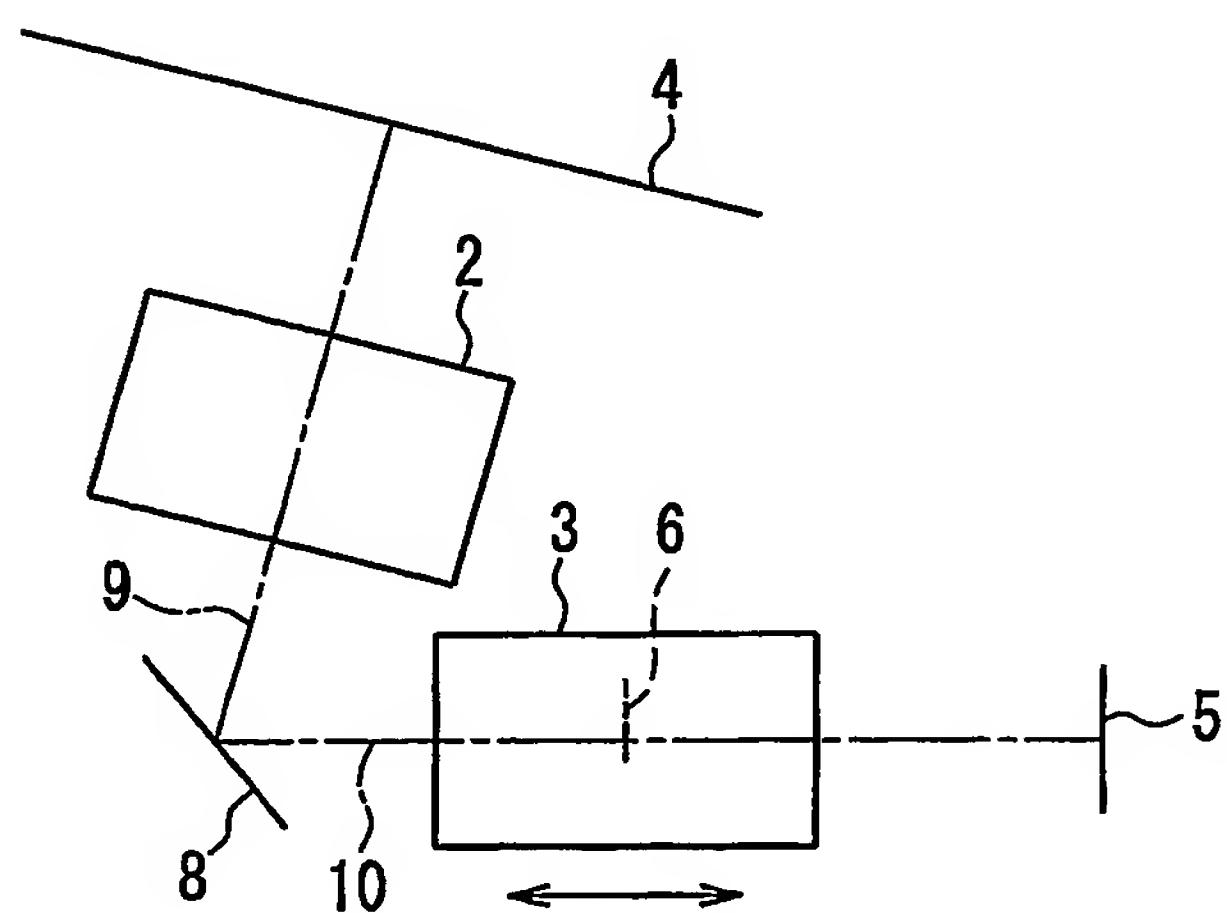


FIG. 2

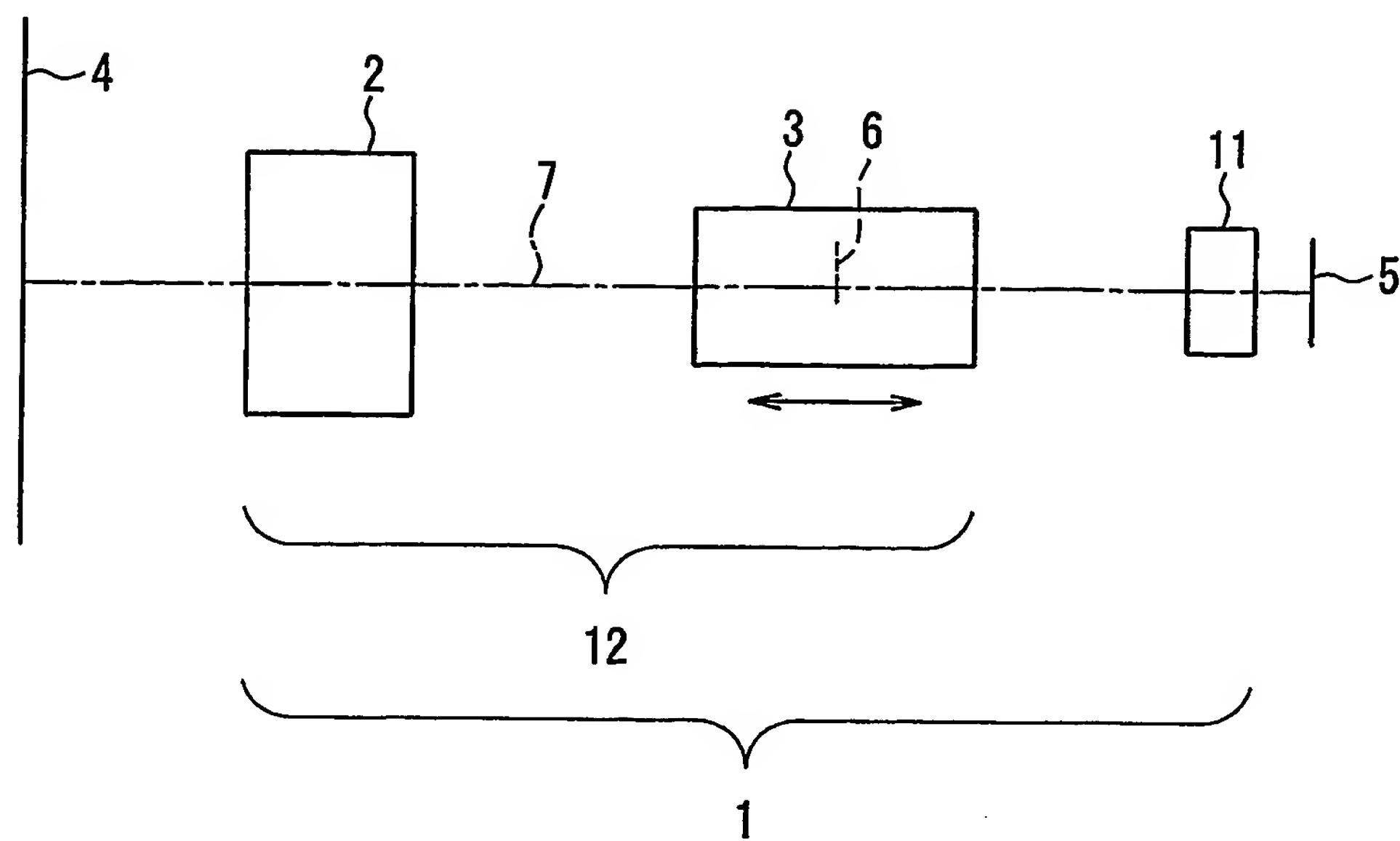


FIG. 3

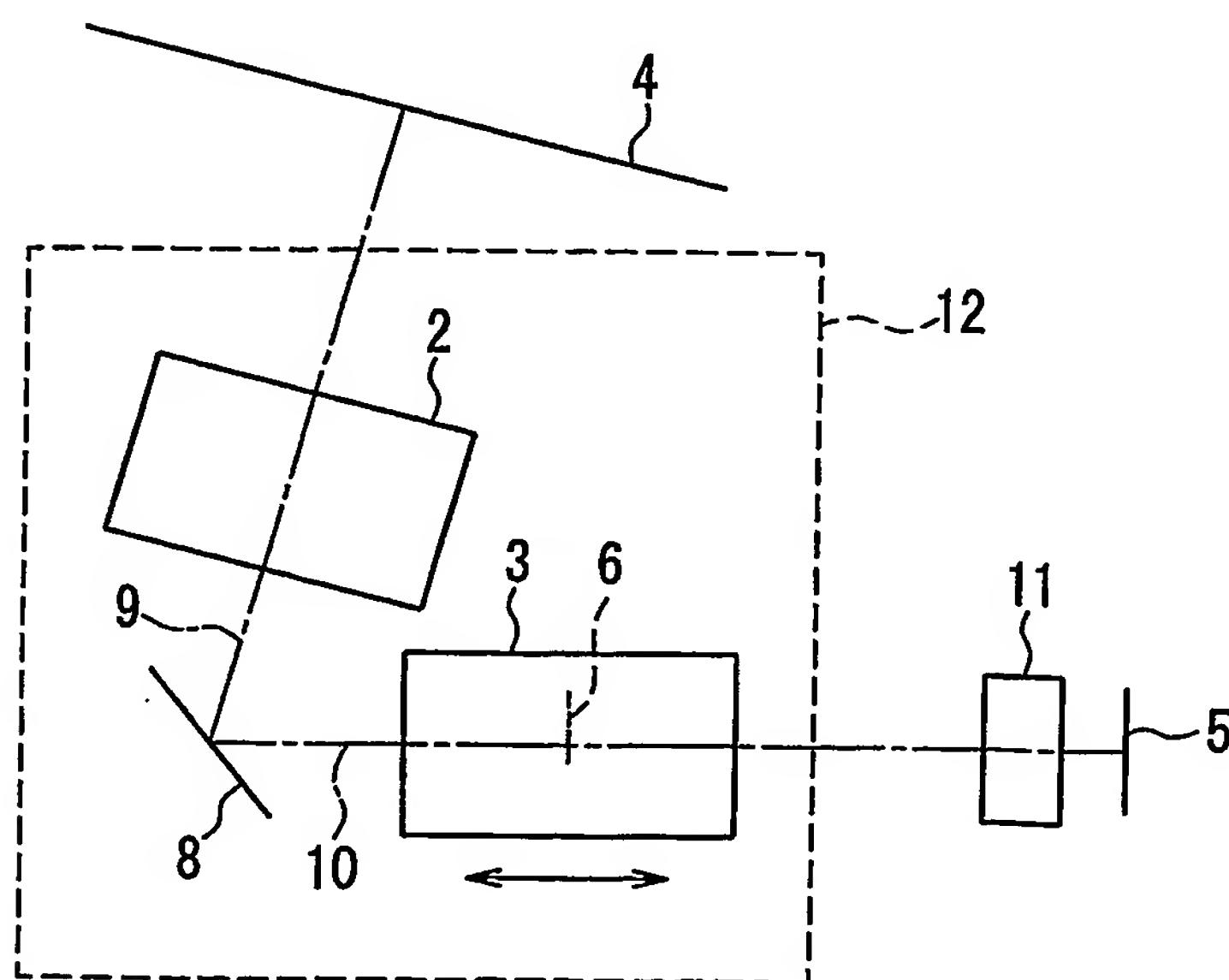


FIG. 4

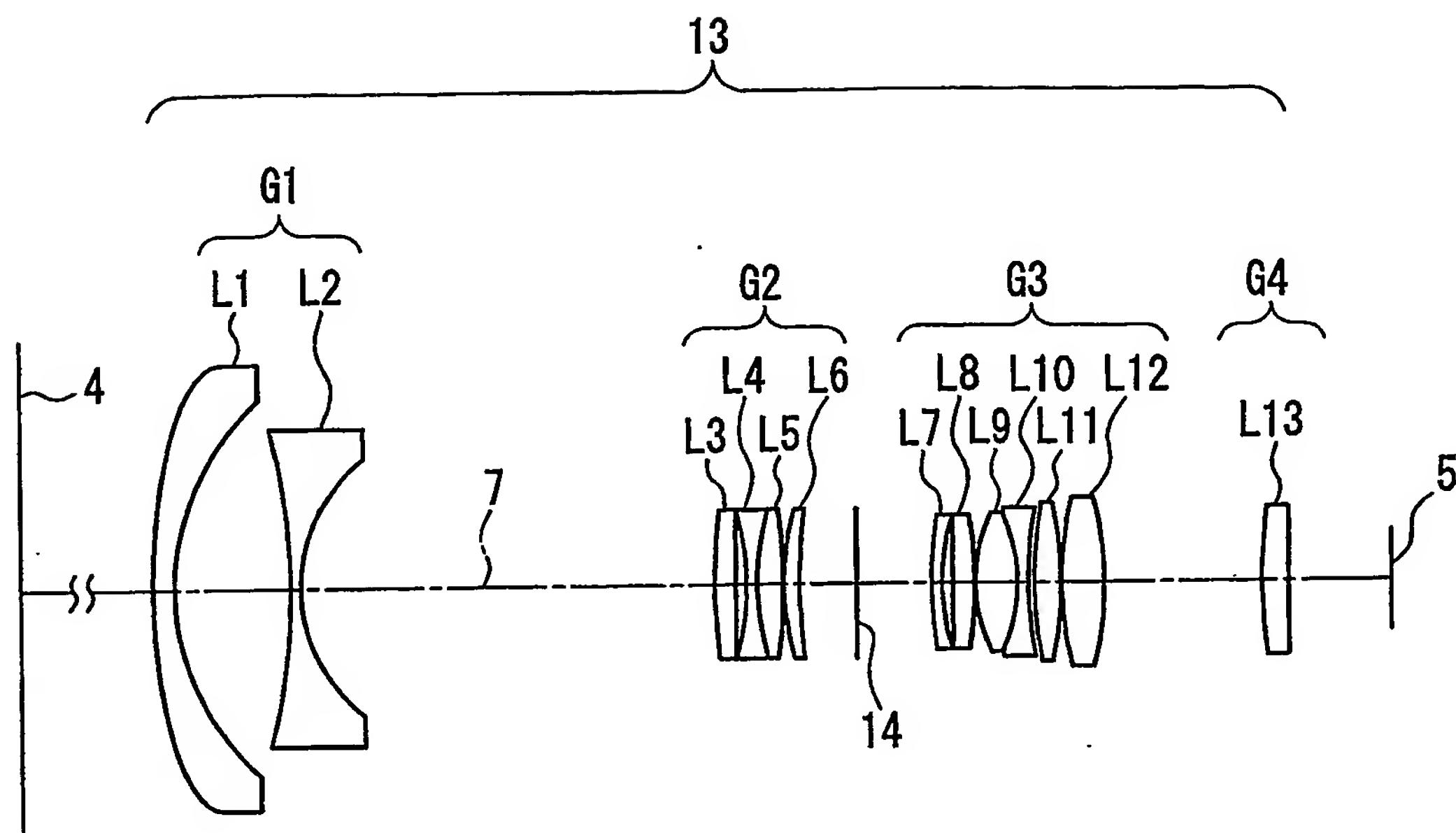


FIG. 5

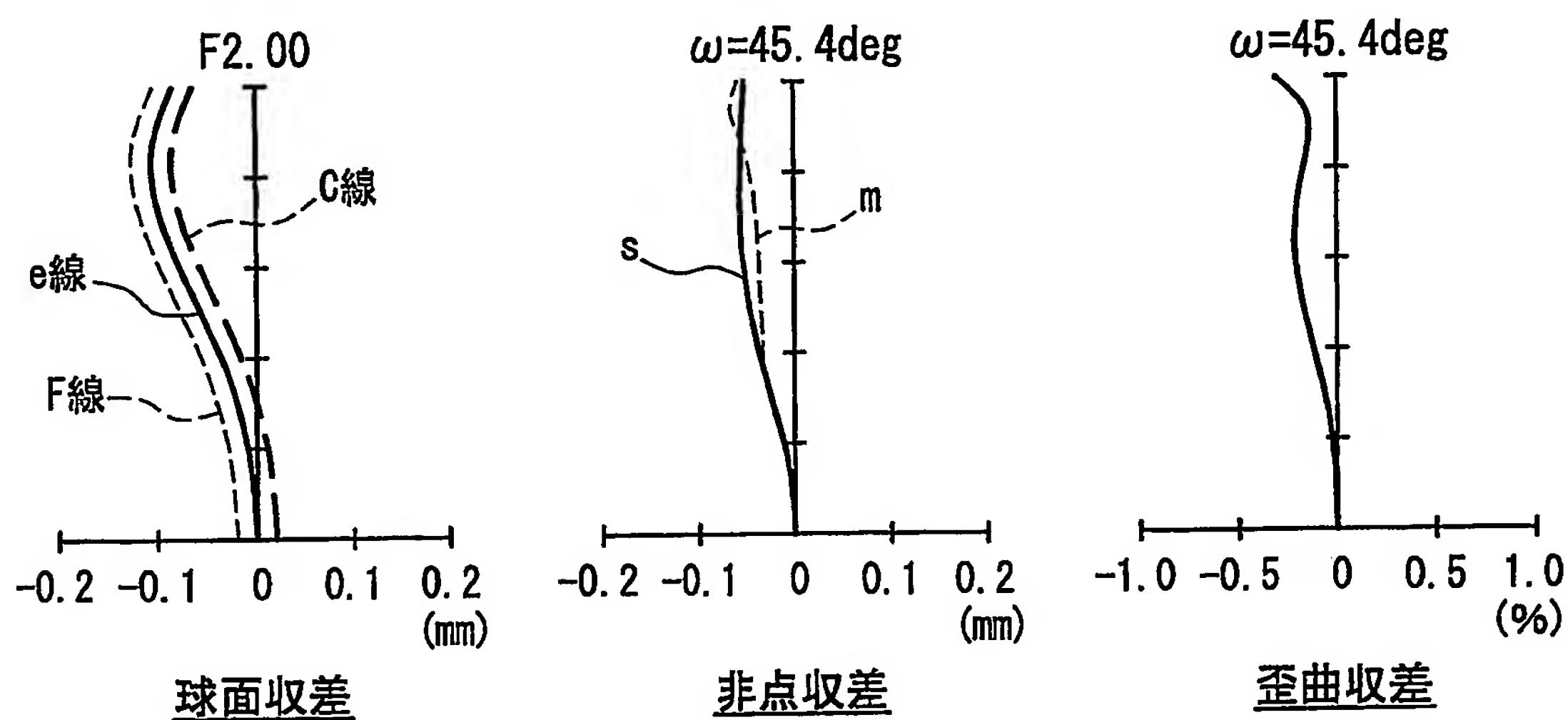


FIG. 6

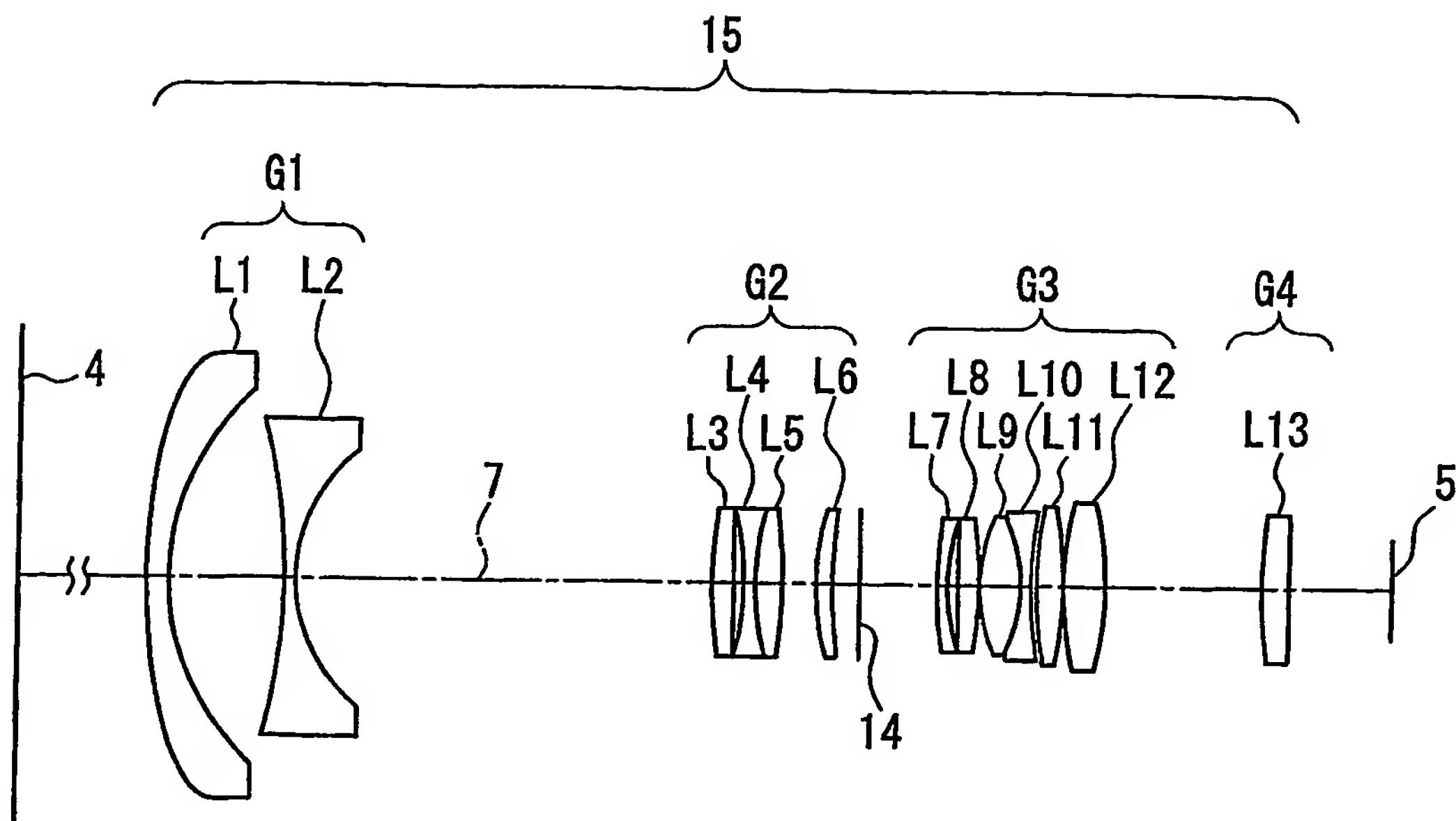


FIG. 7

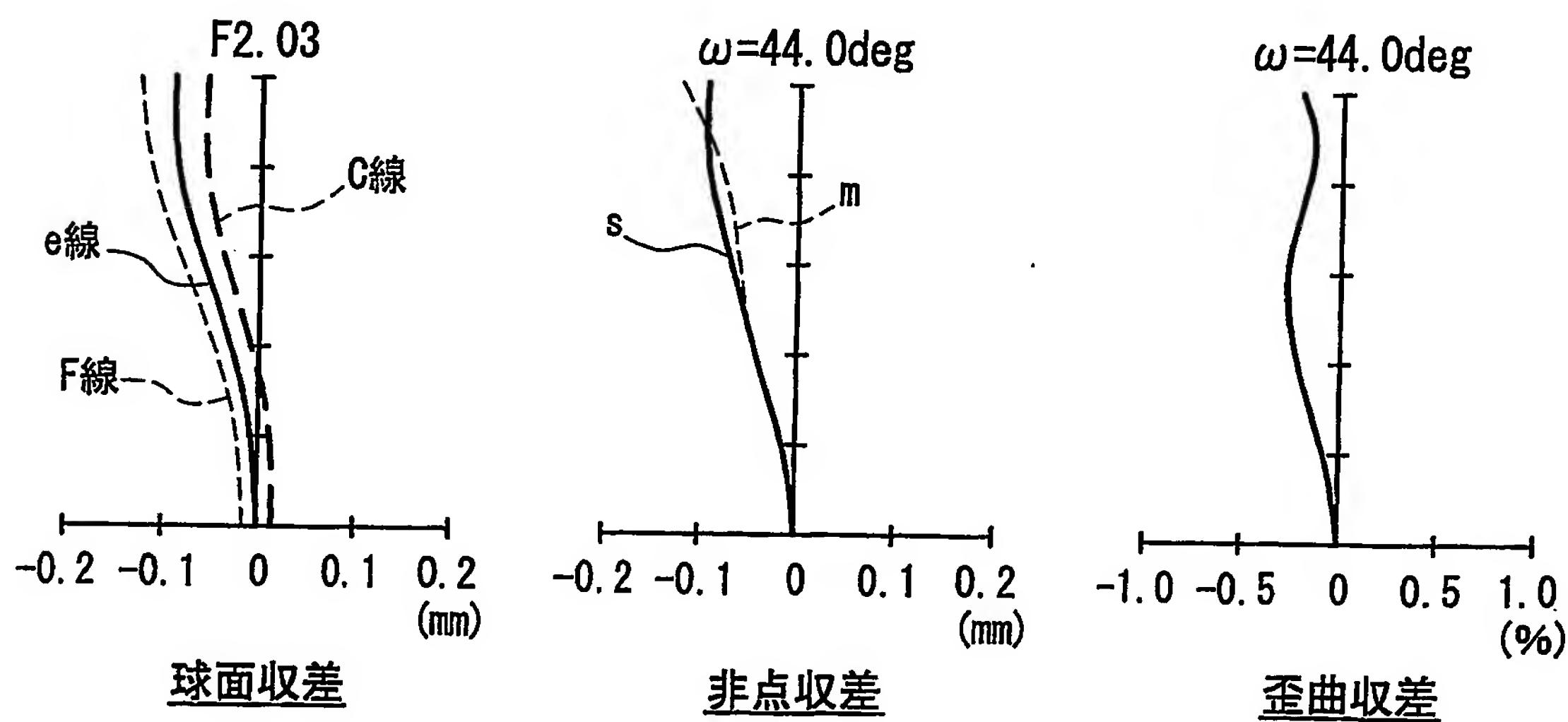


FIG. 8

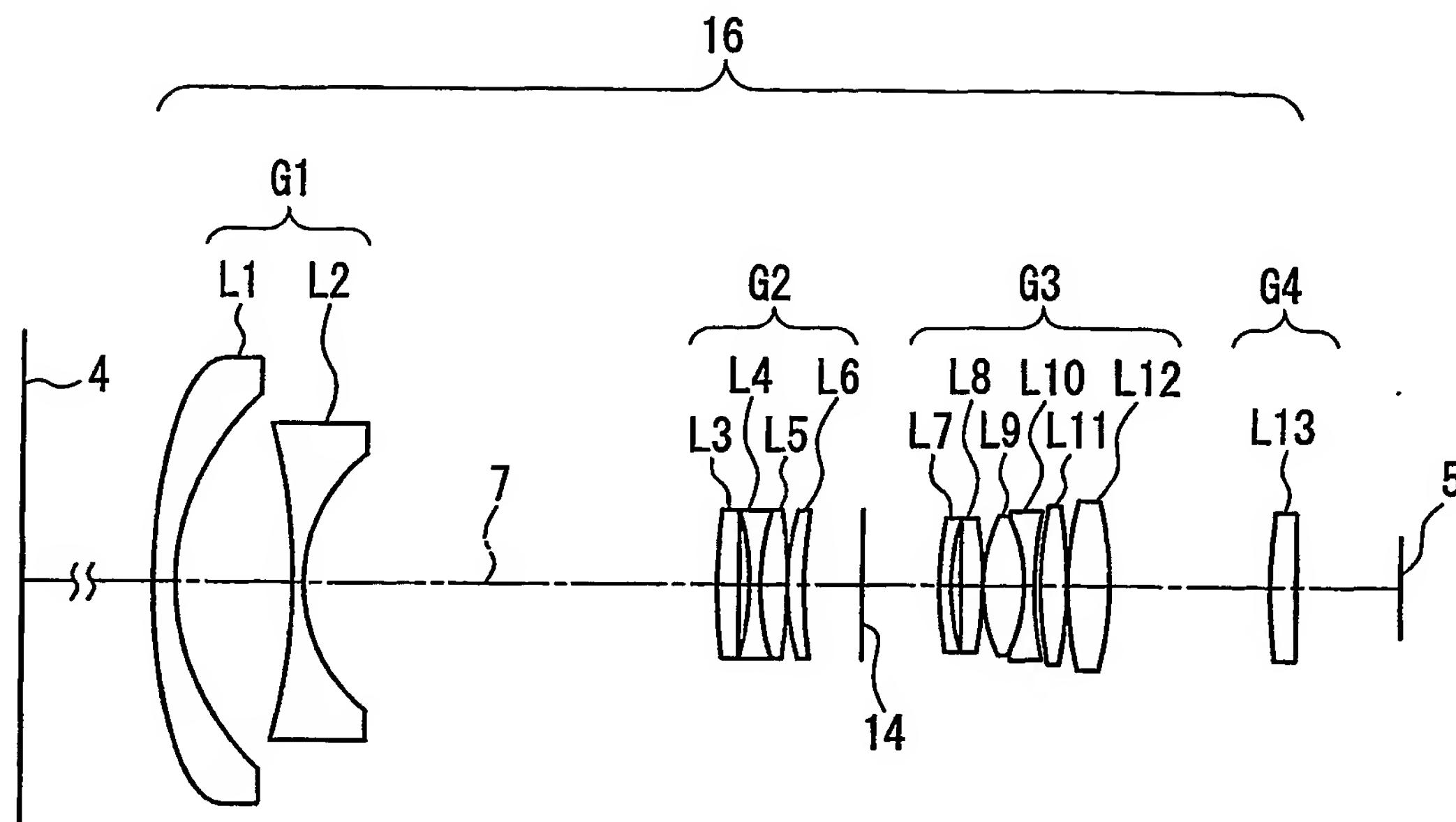


FIG. 9

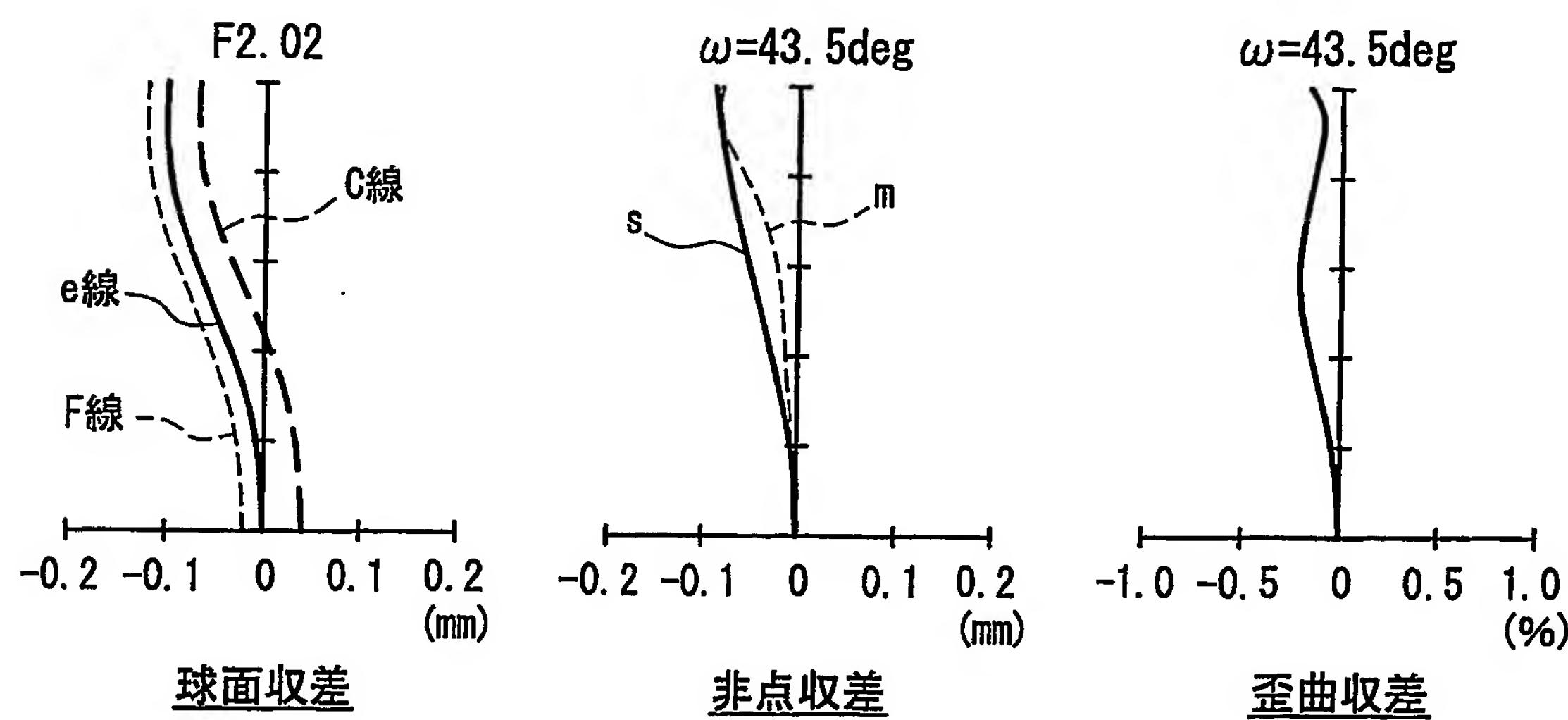


FIG. 10

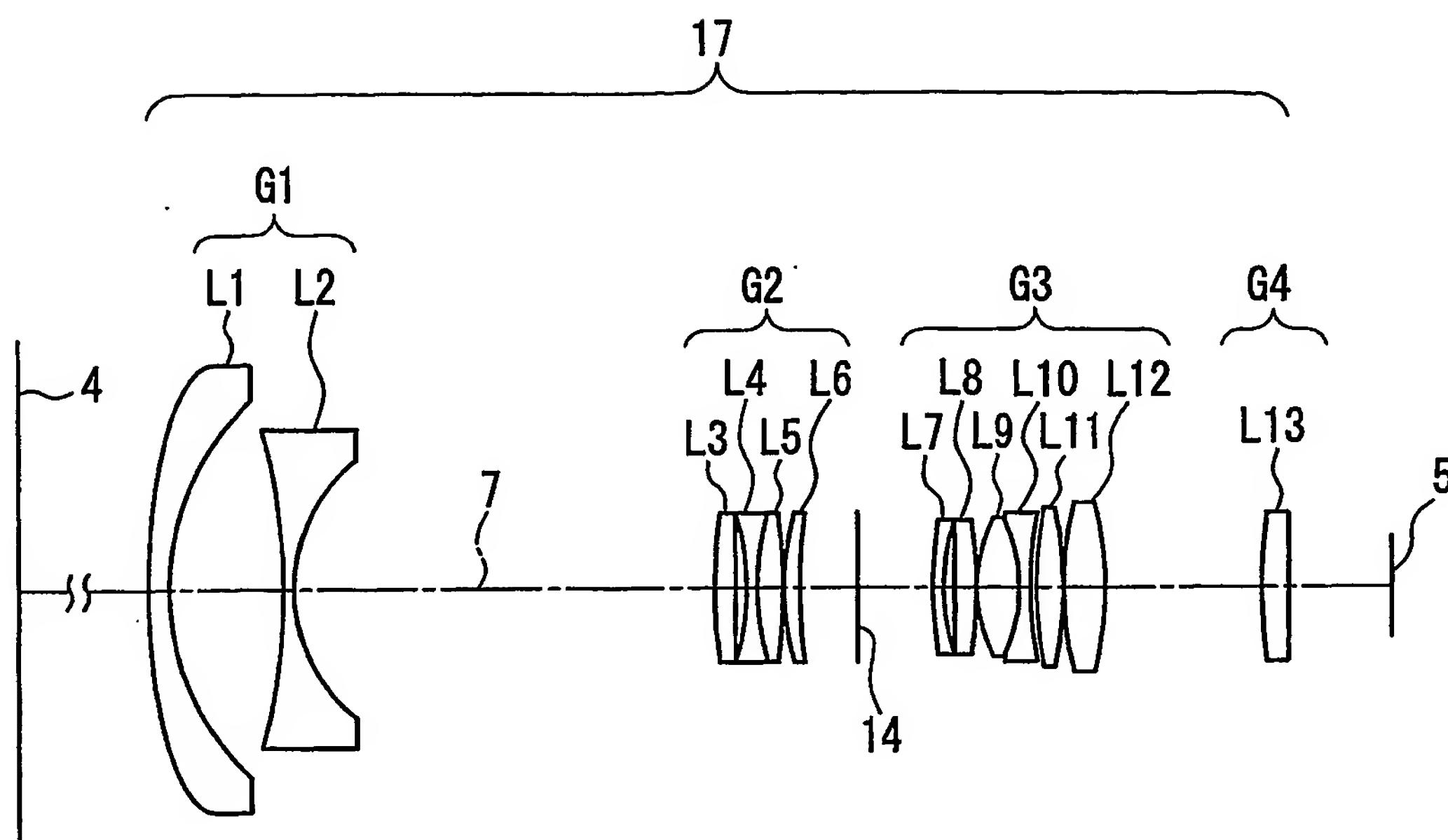


FIG. 11

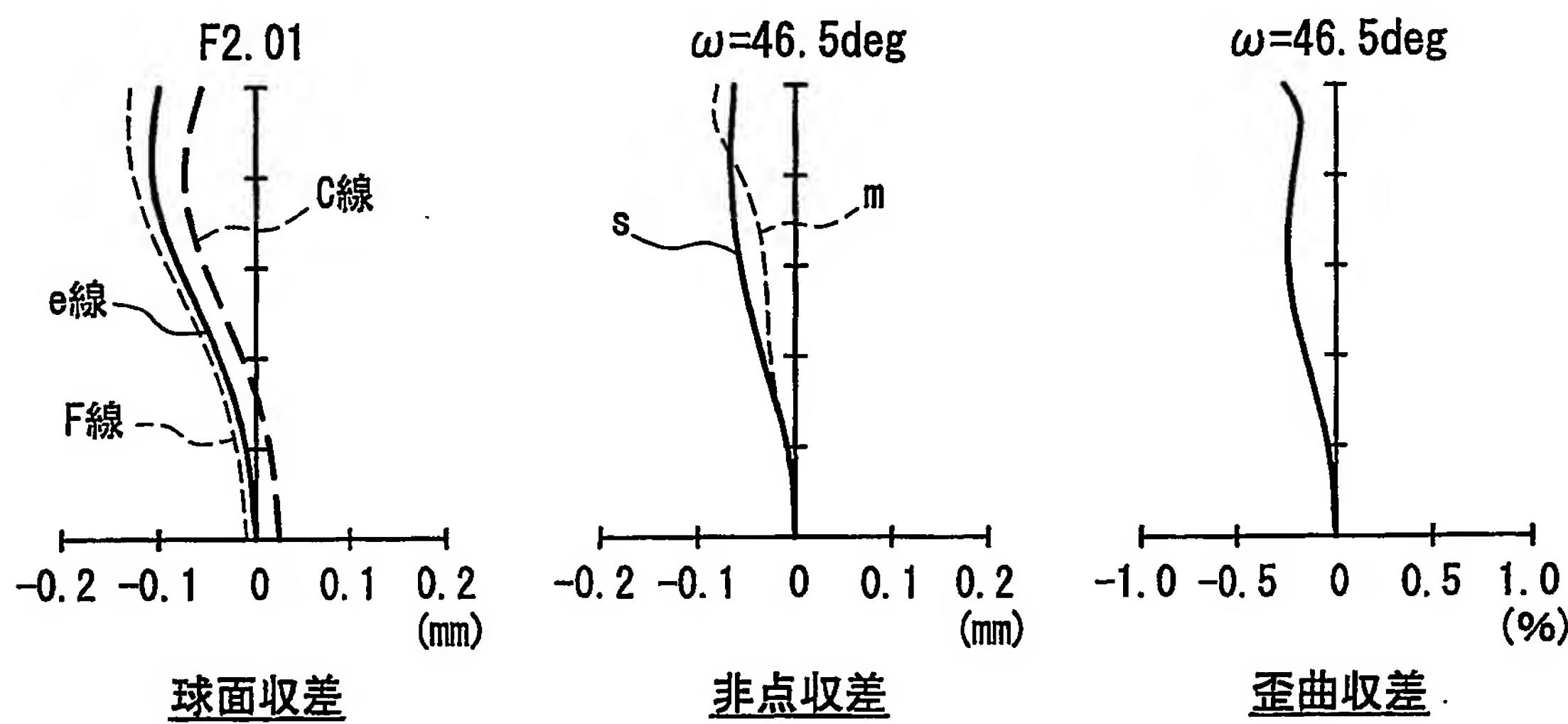


FIG. 12

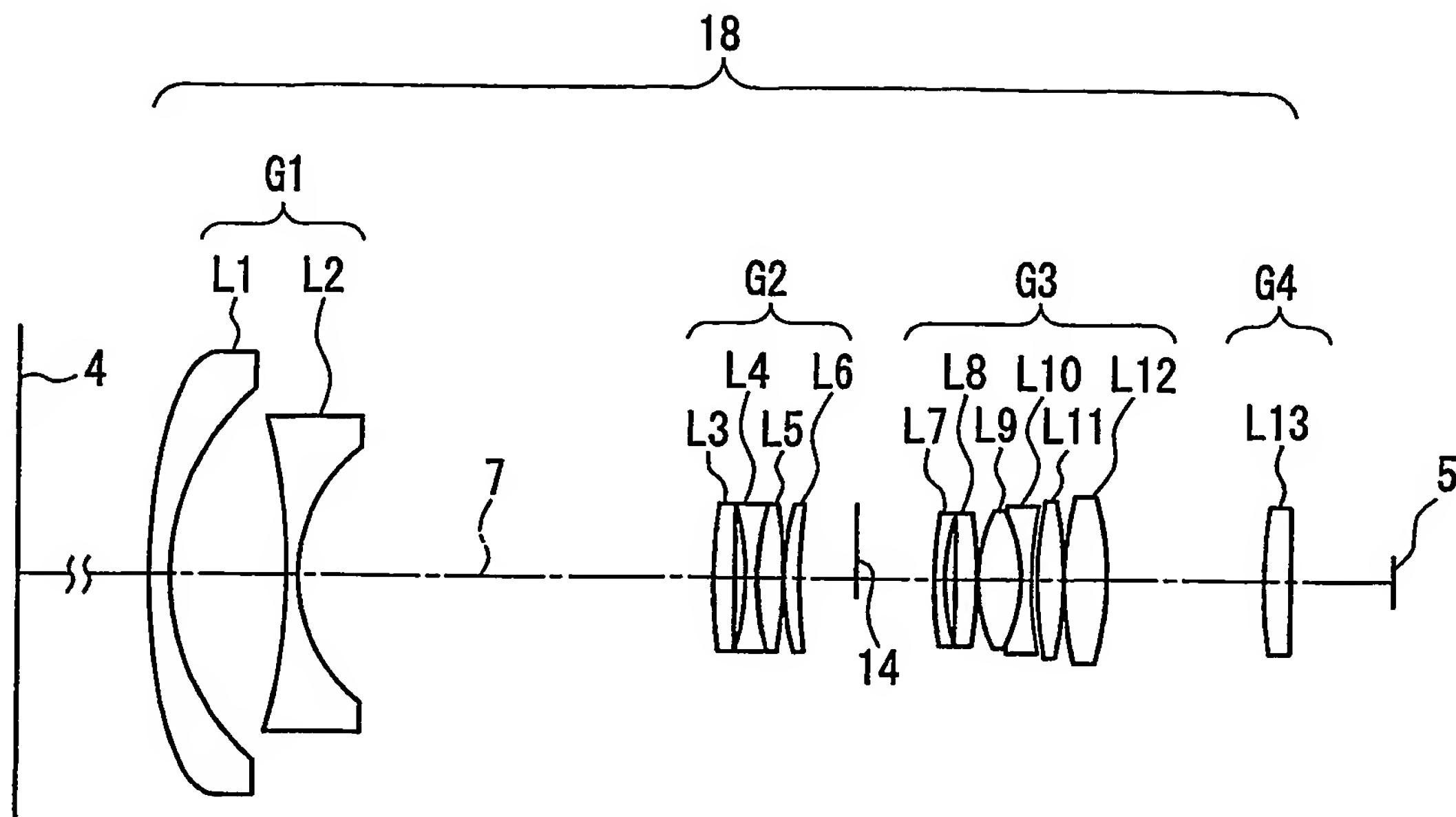


FIG. 13

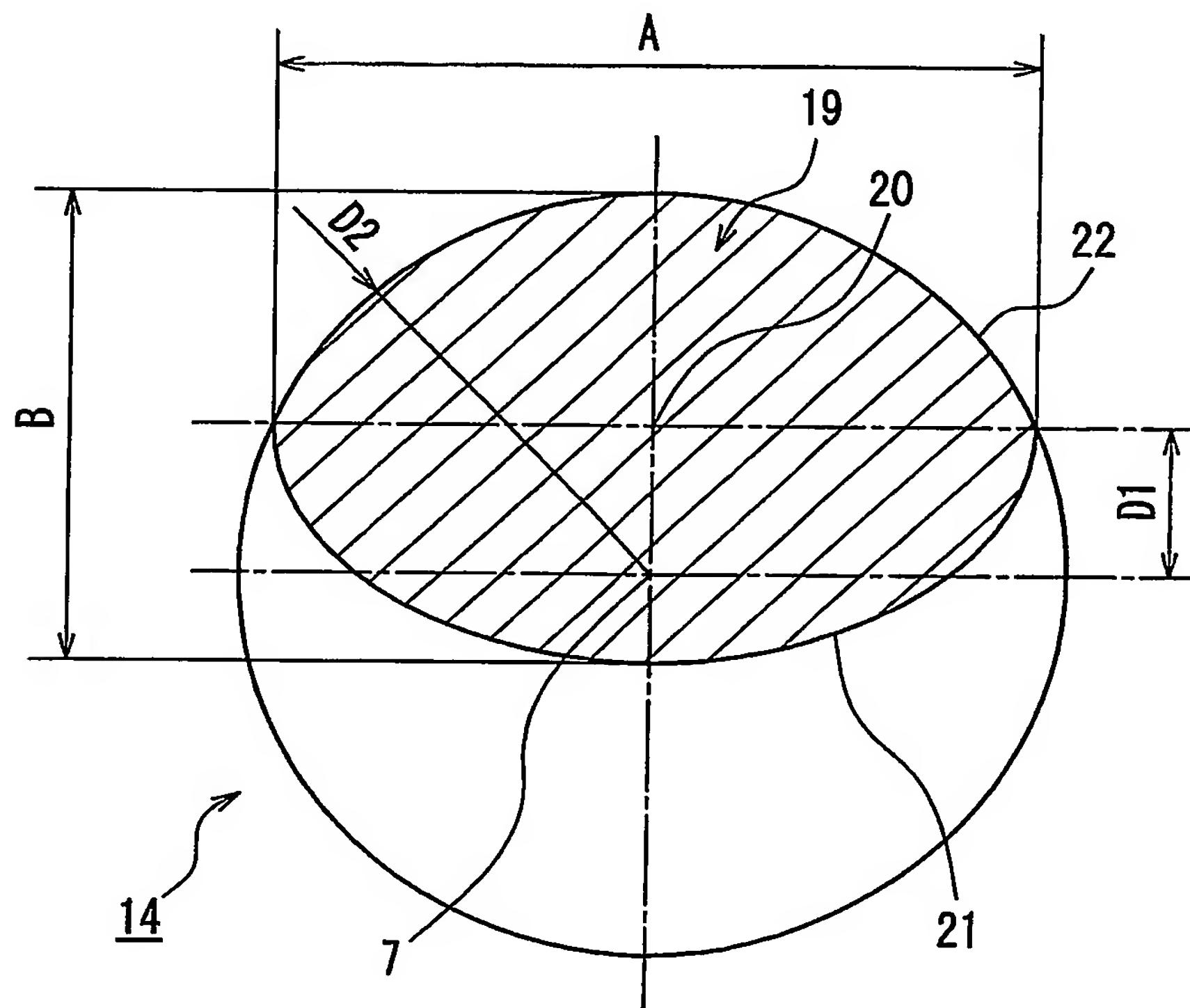


FIG. 14

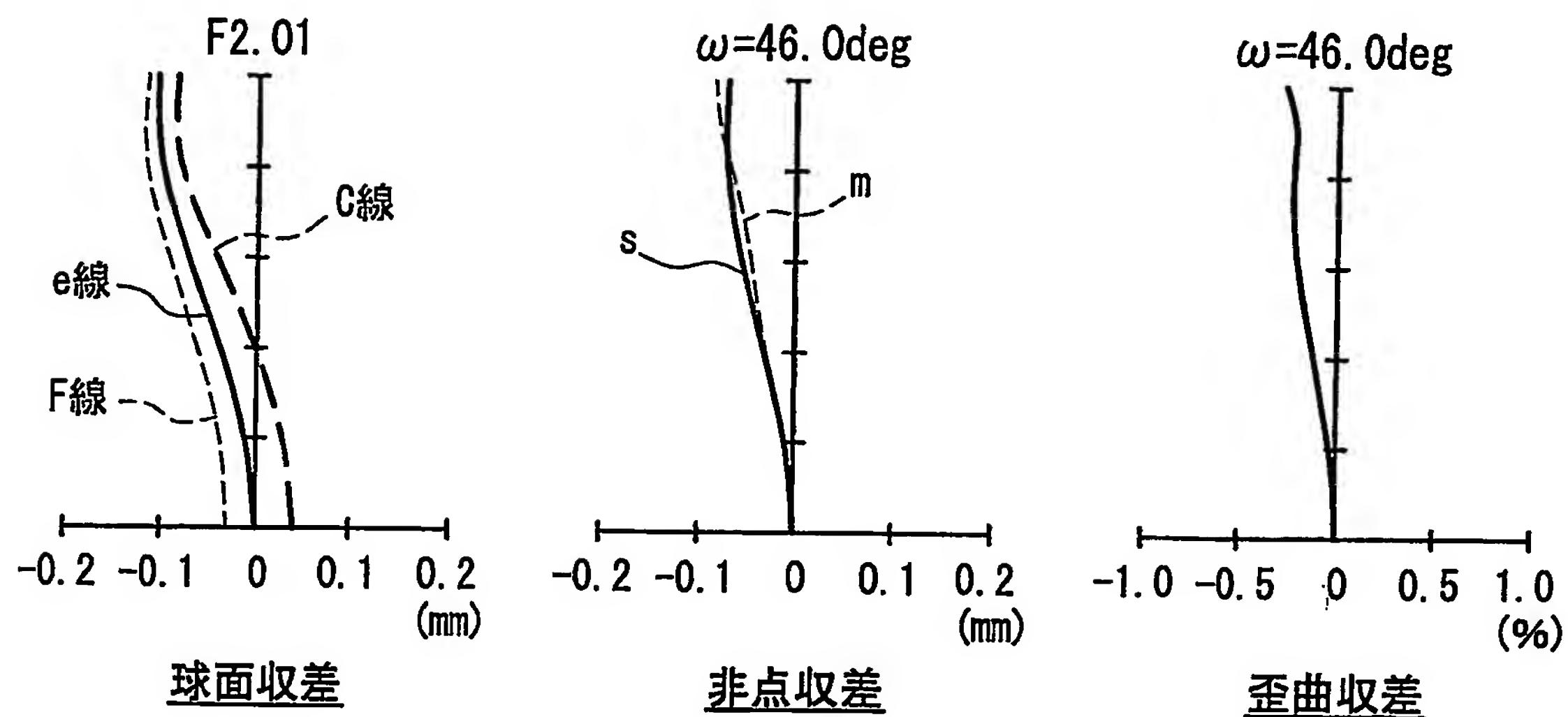


FIG. 15

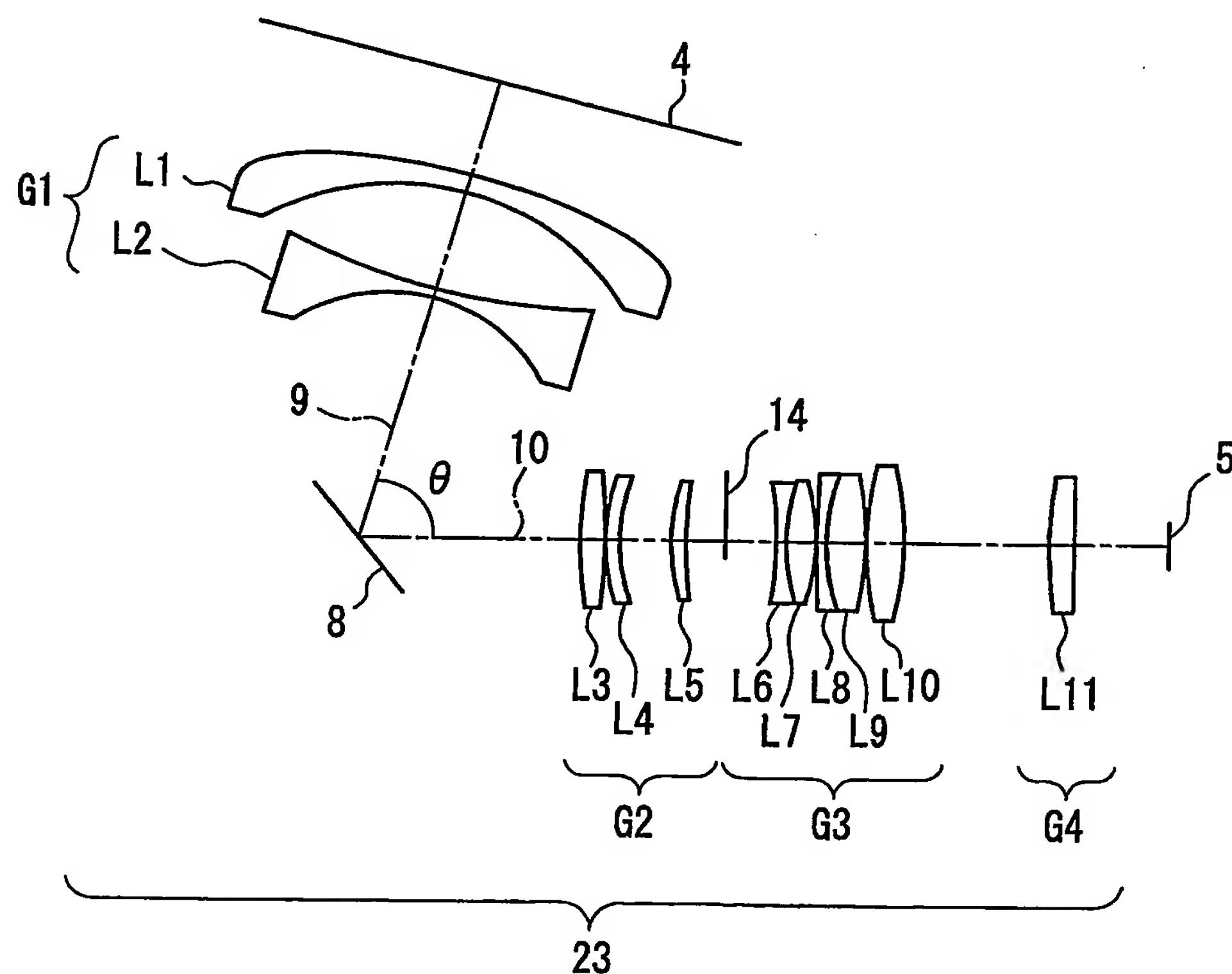


FIG. 16

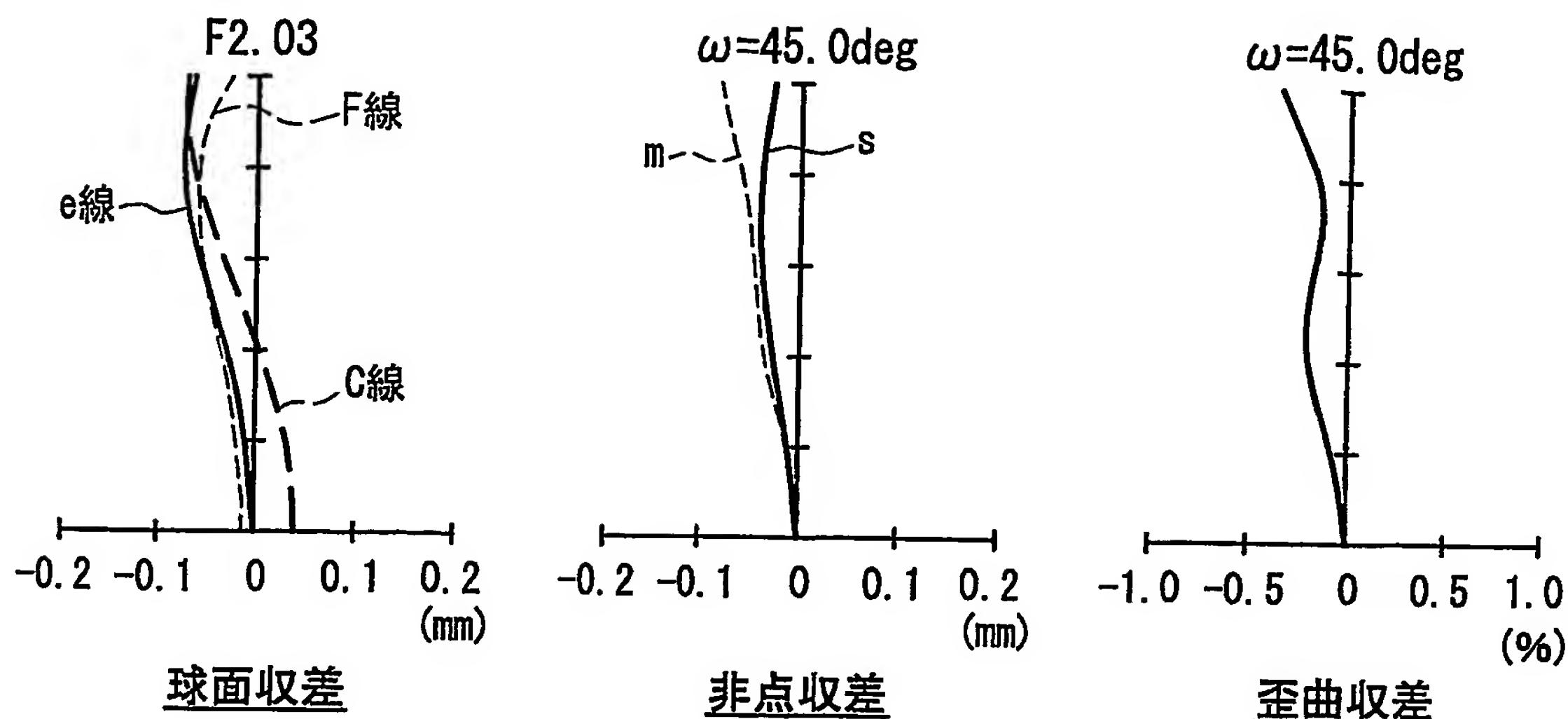


FIG. 17

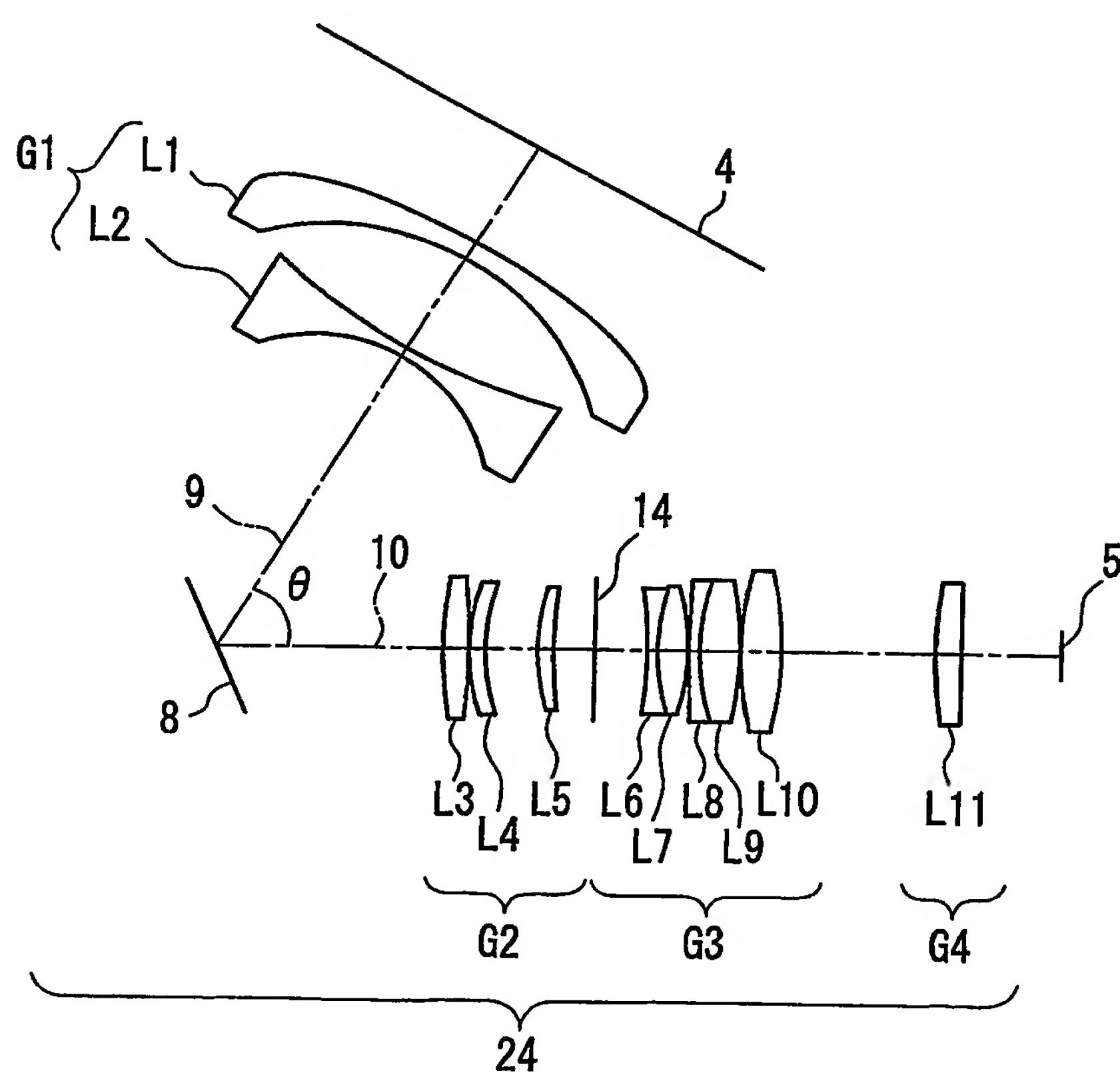


FIG. 18

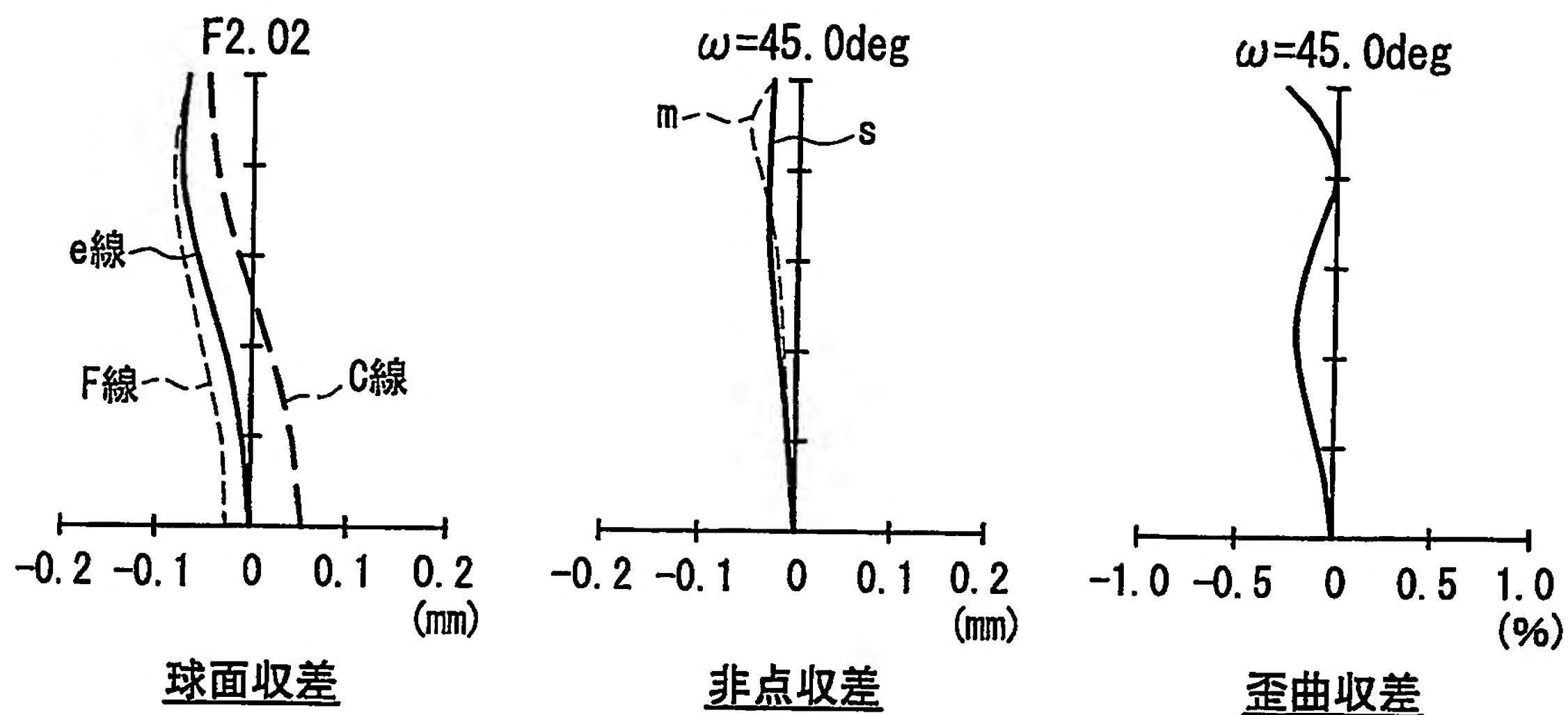


FIG. 19

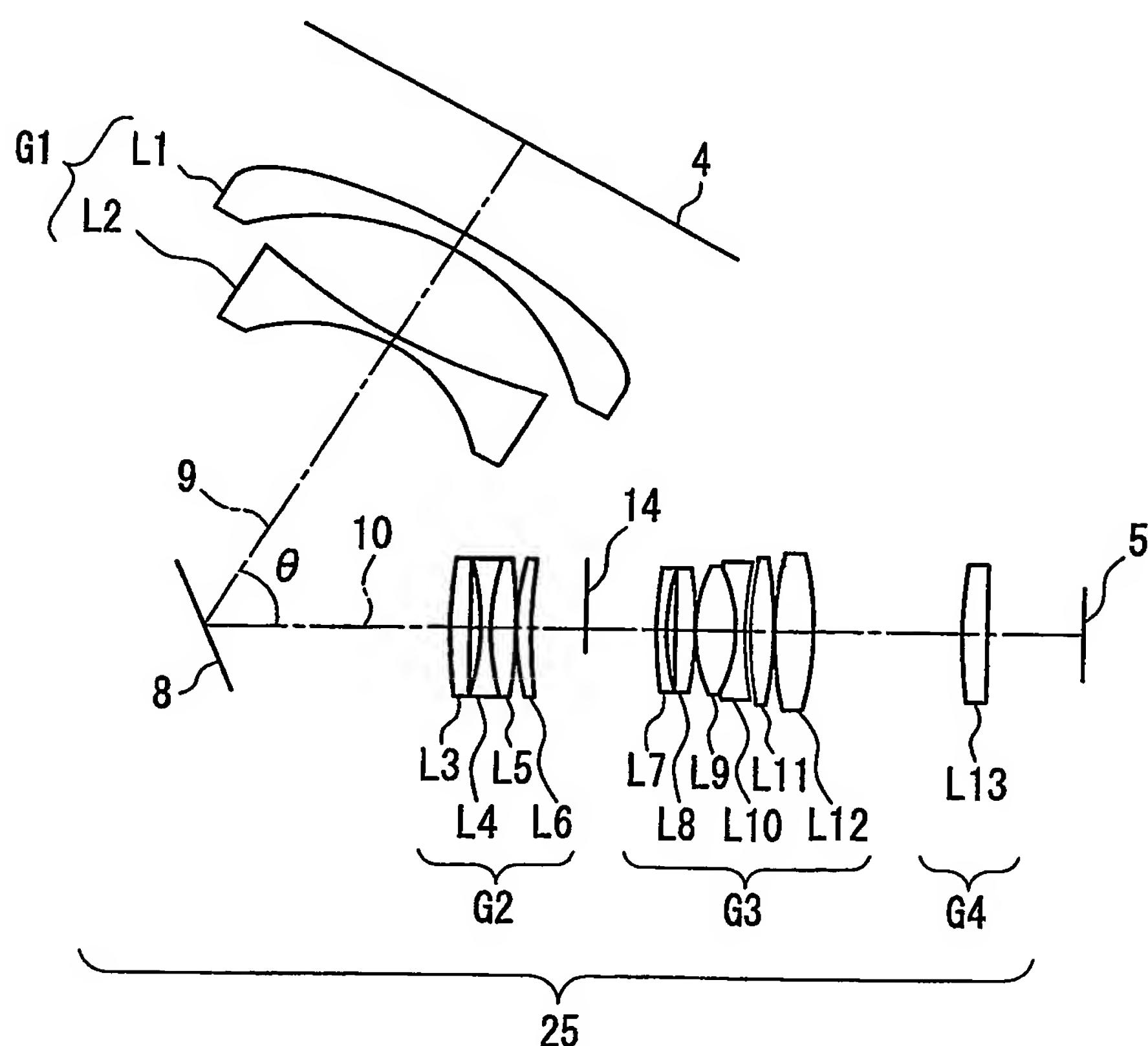


FIG. 20

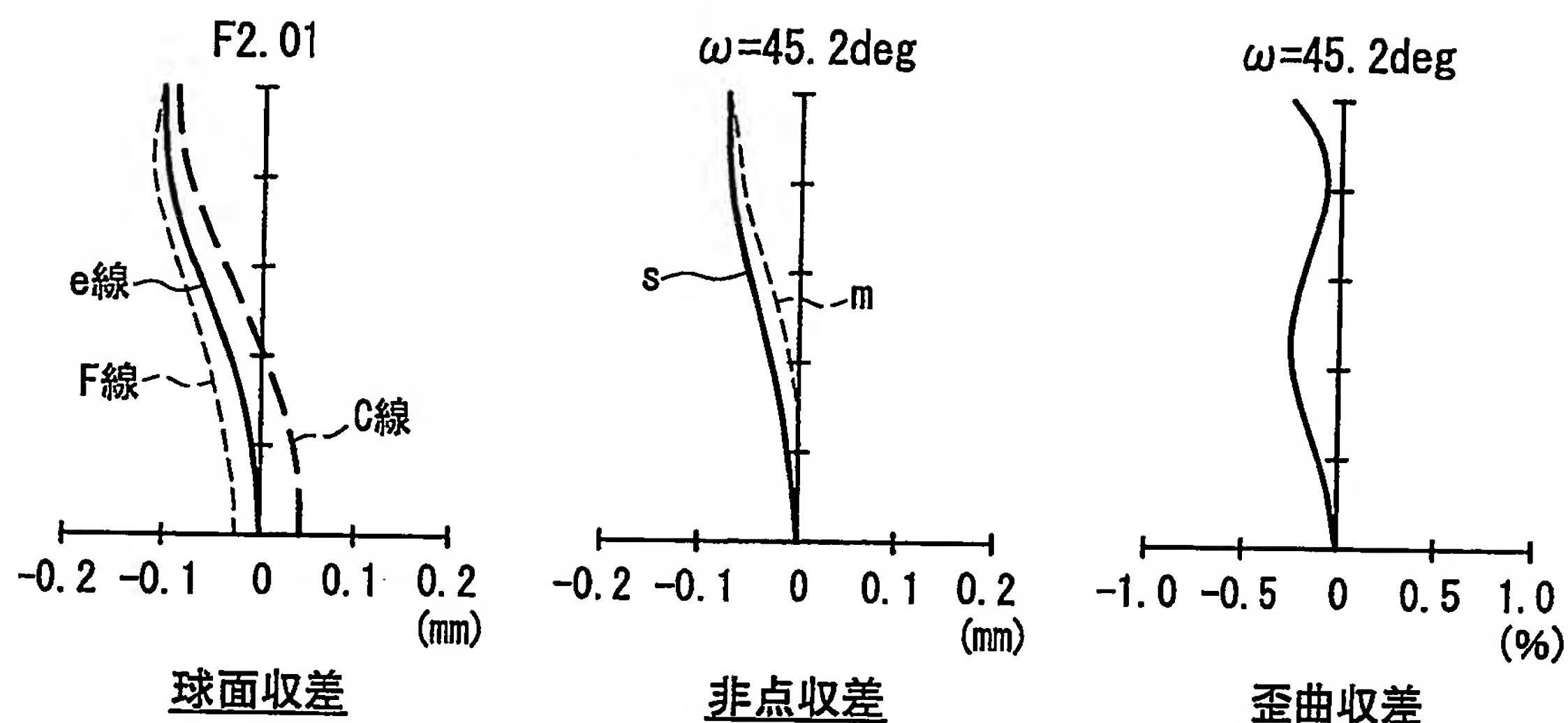


FIG. 21

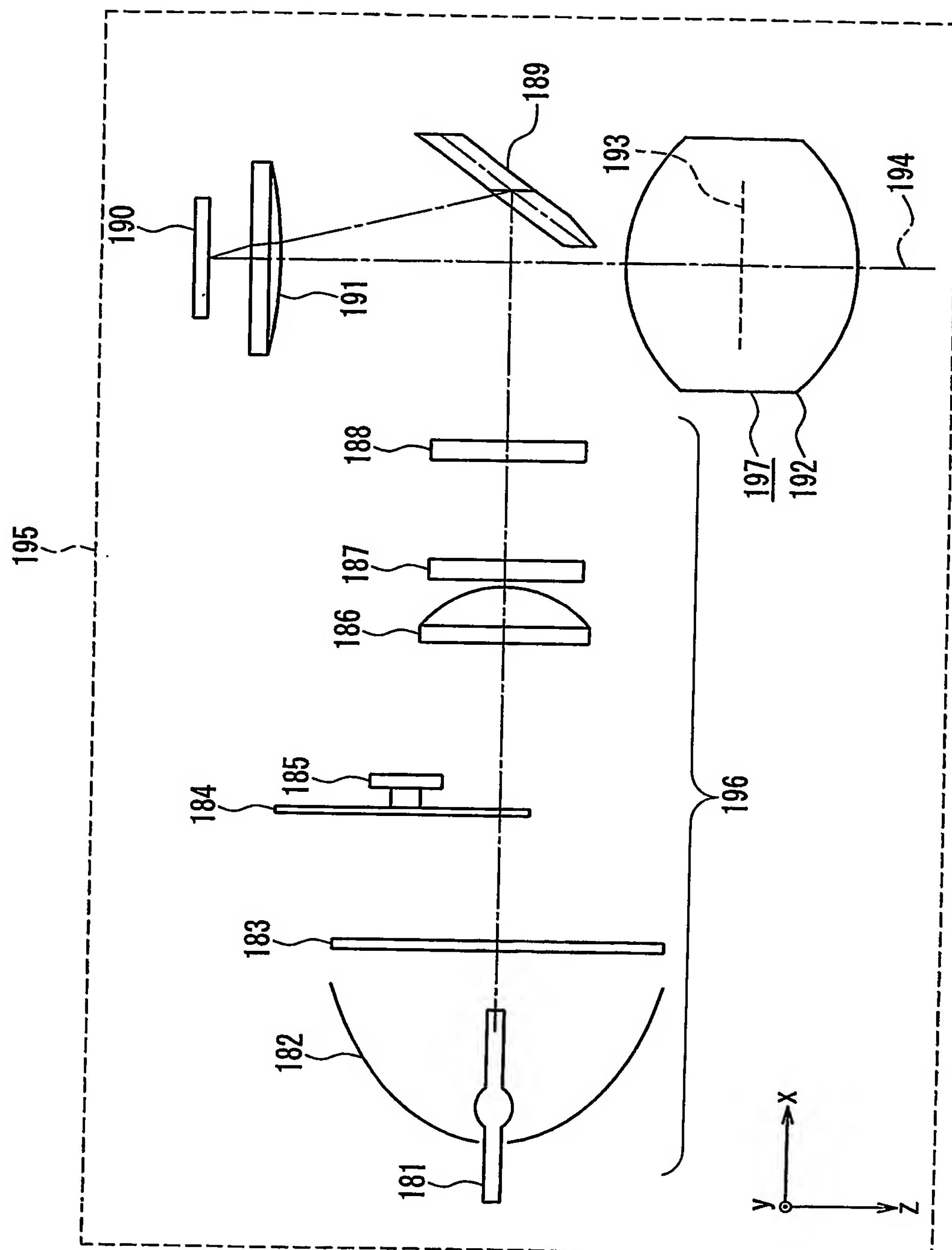


FIG. 22

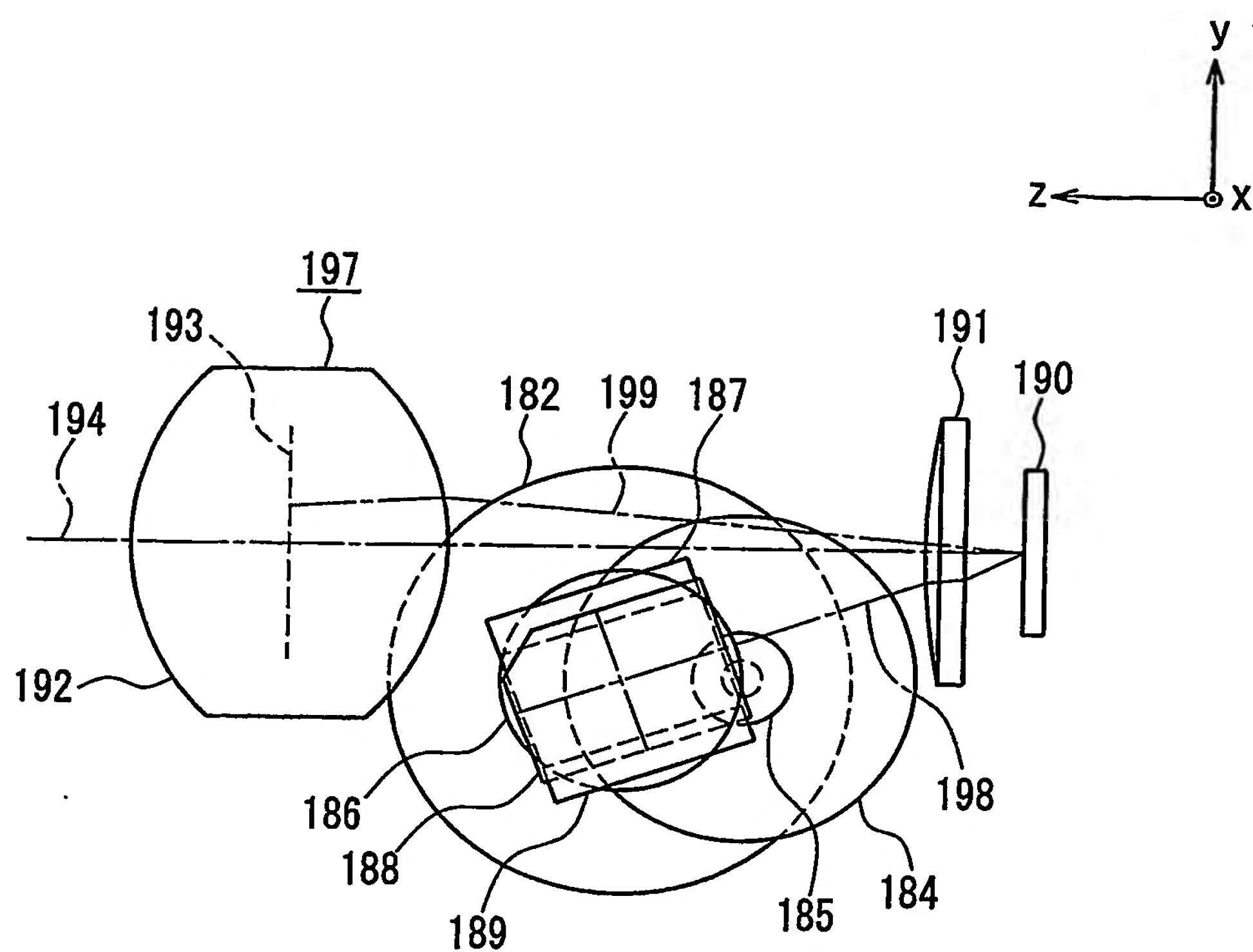


FIG. 23

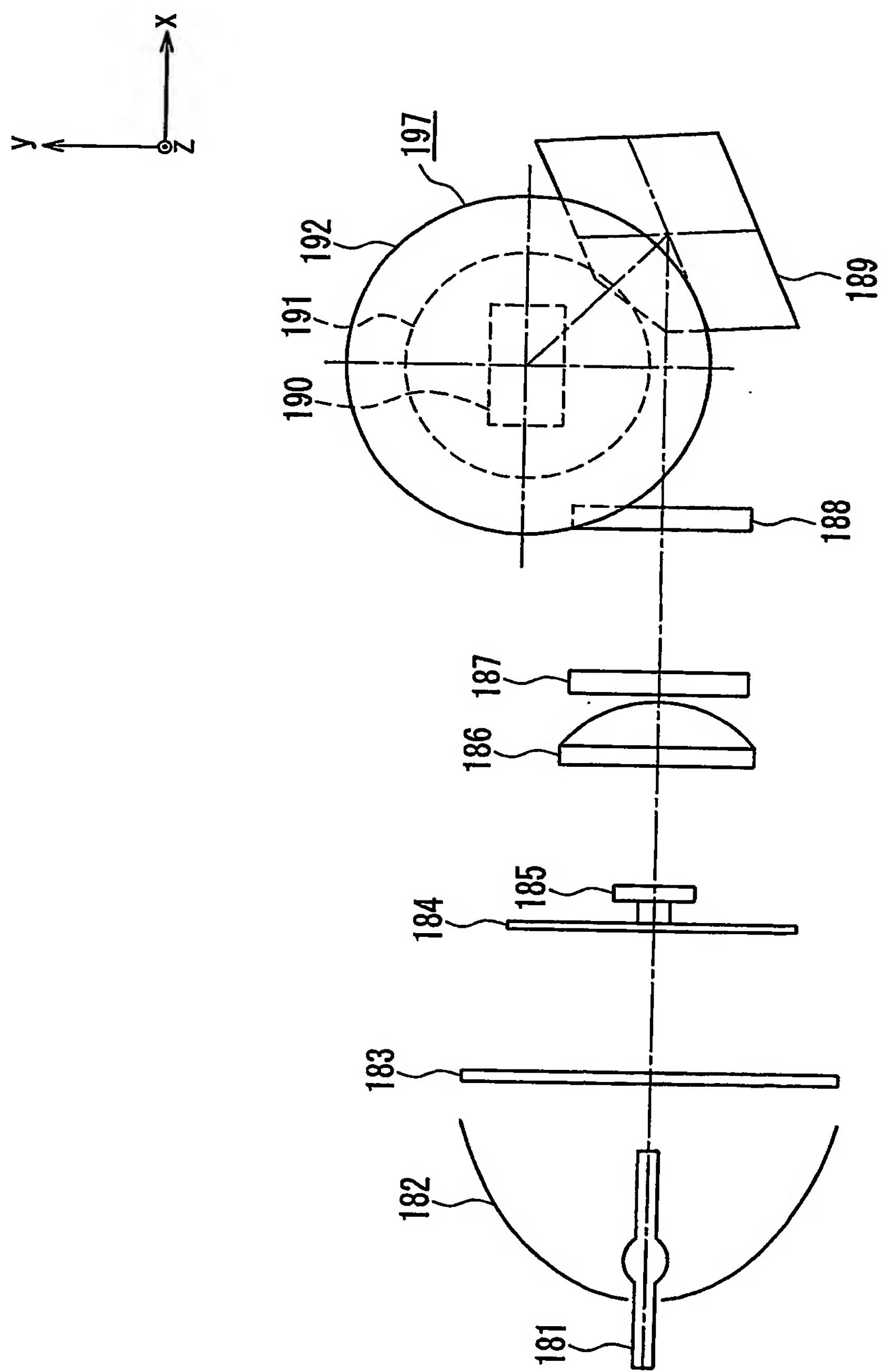


FIG. 24



FIG. 25A

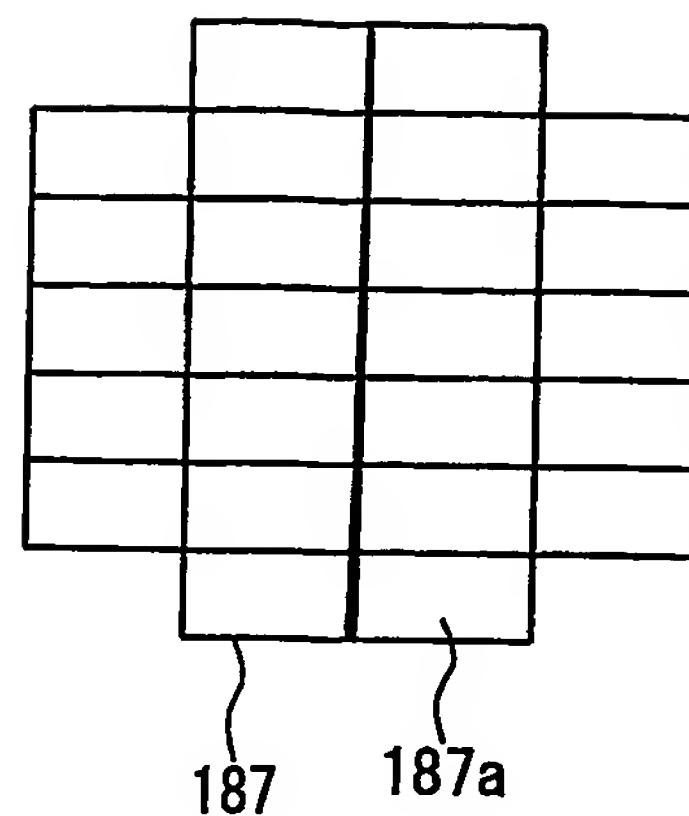


FIG. 25B

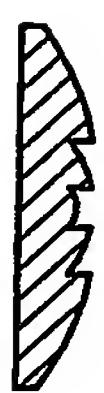


FIG. 26A

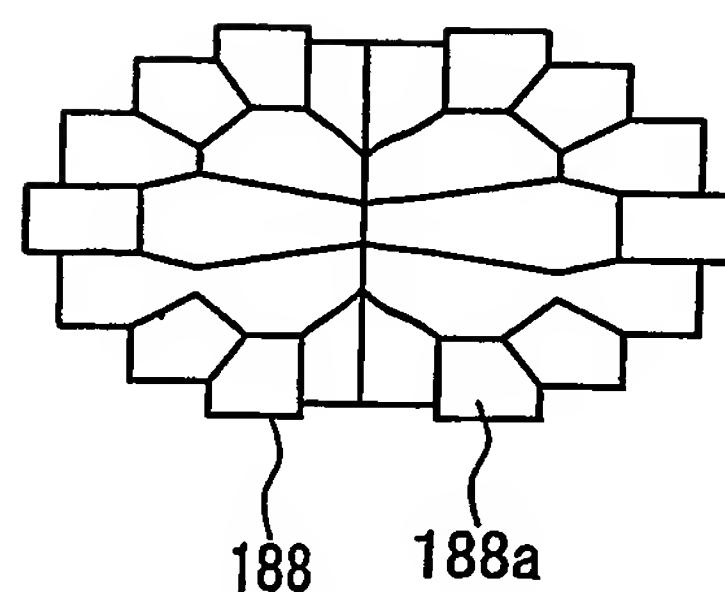
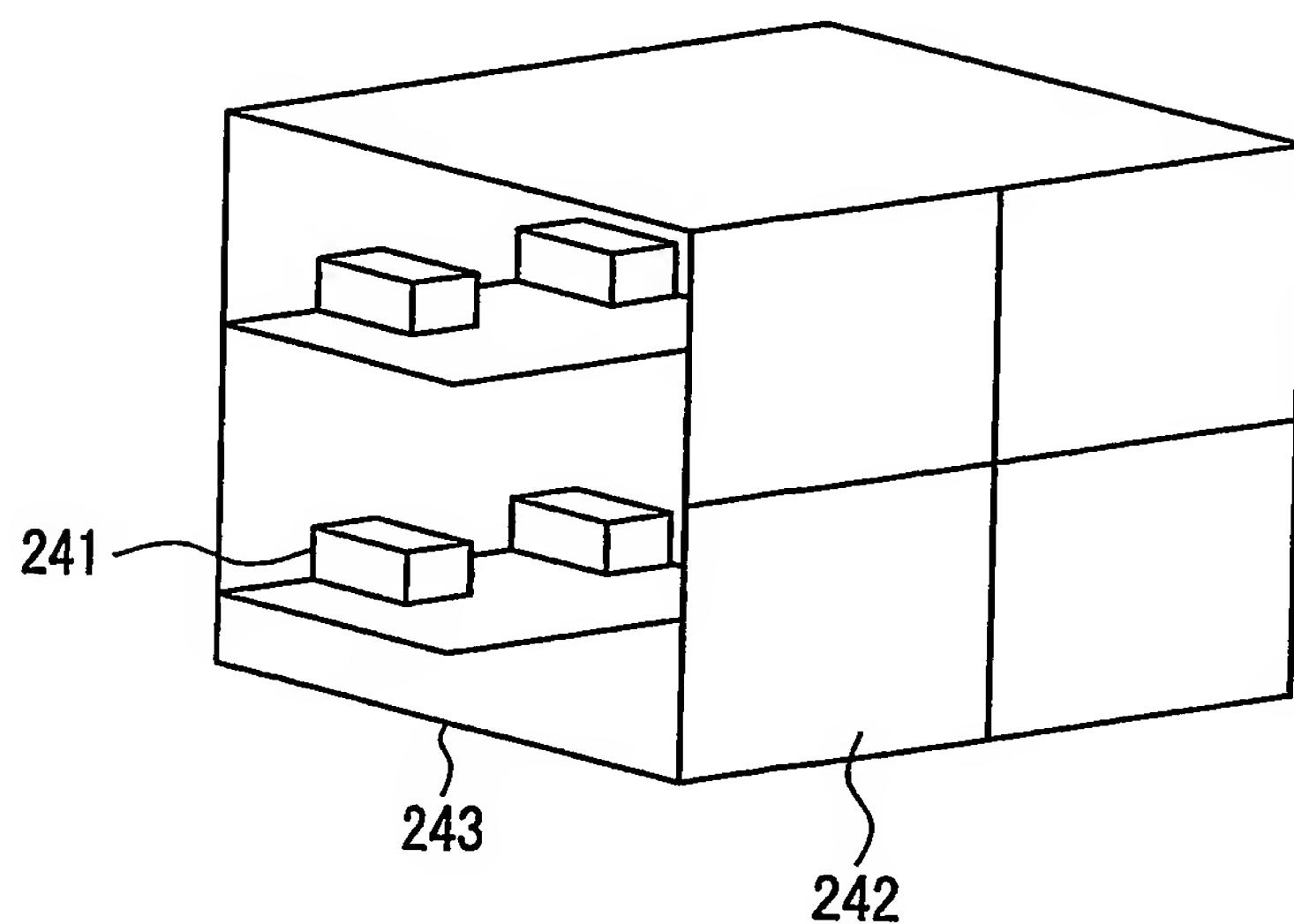
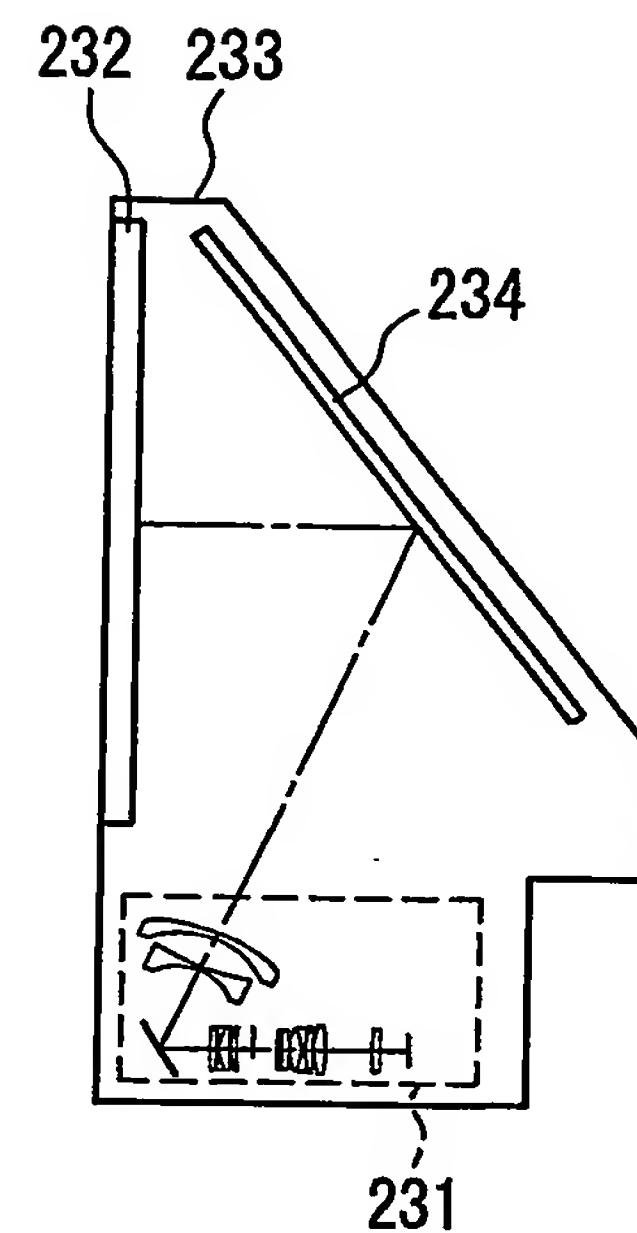
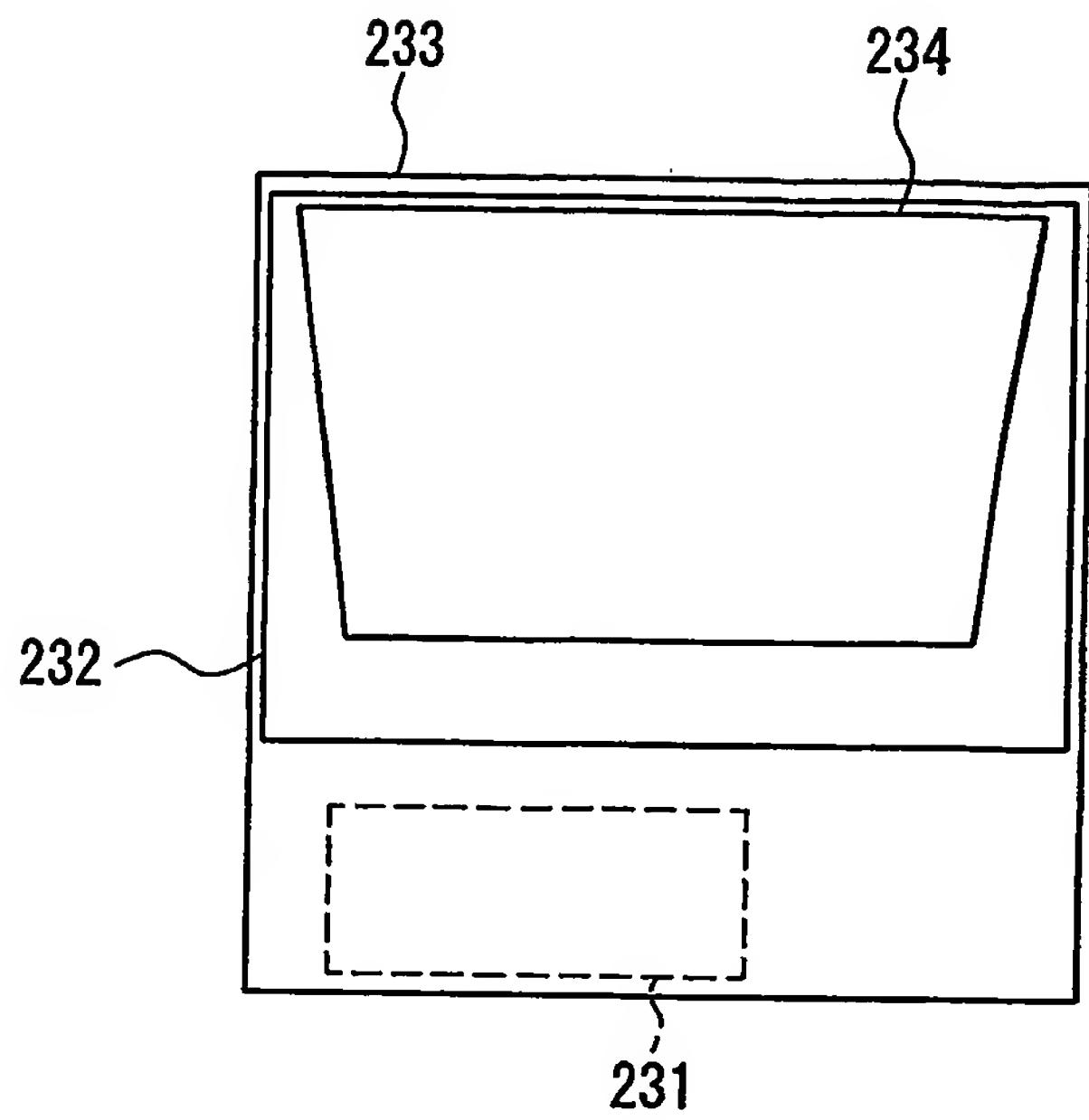


FIG. 26B



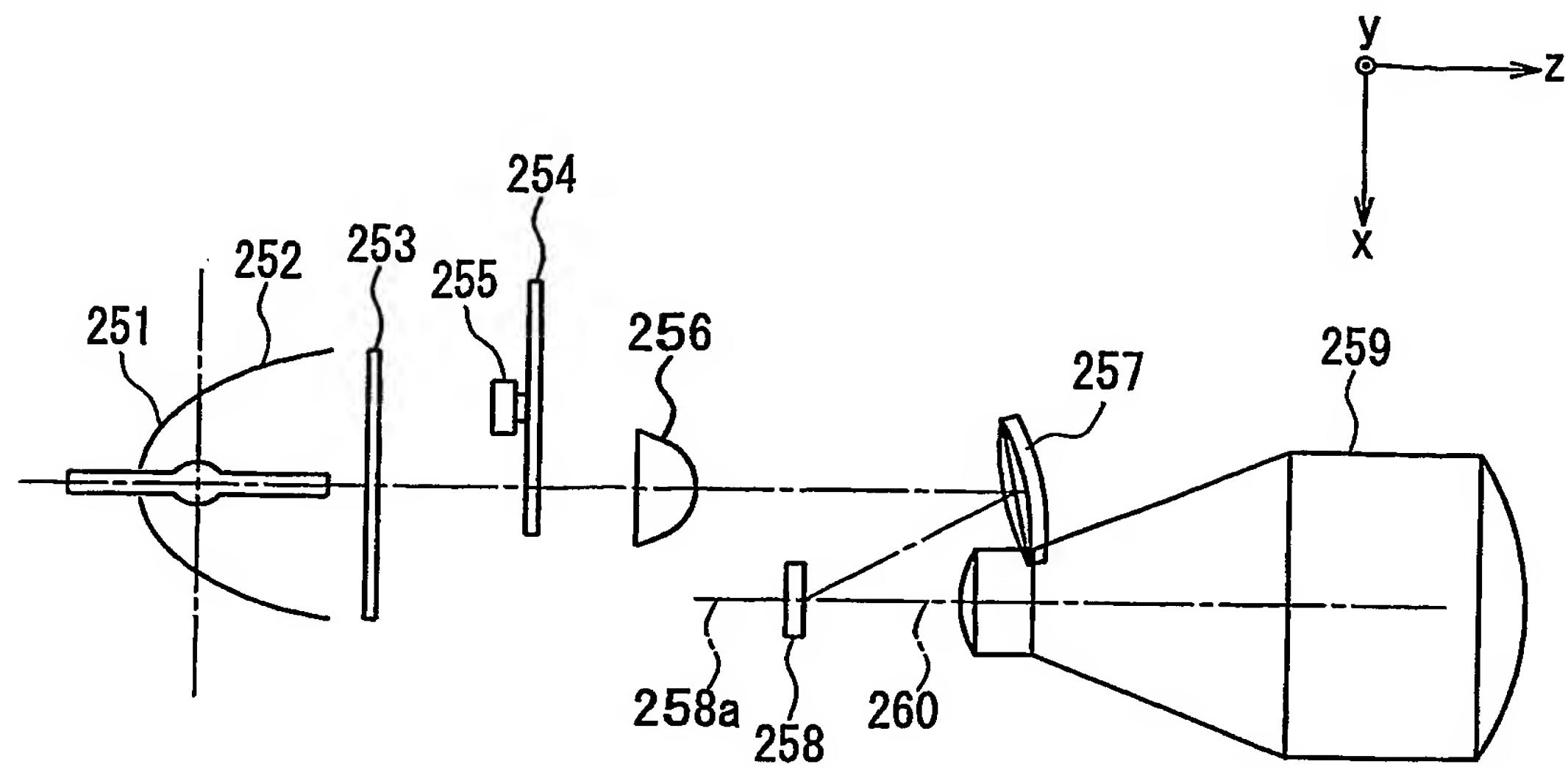


FIG. 29A

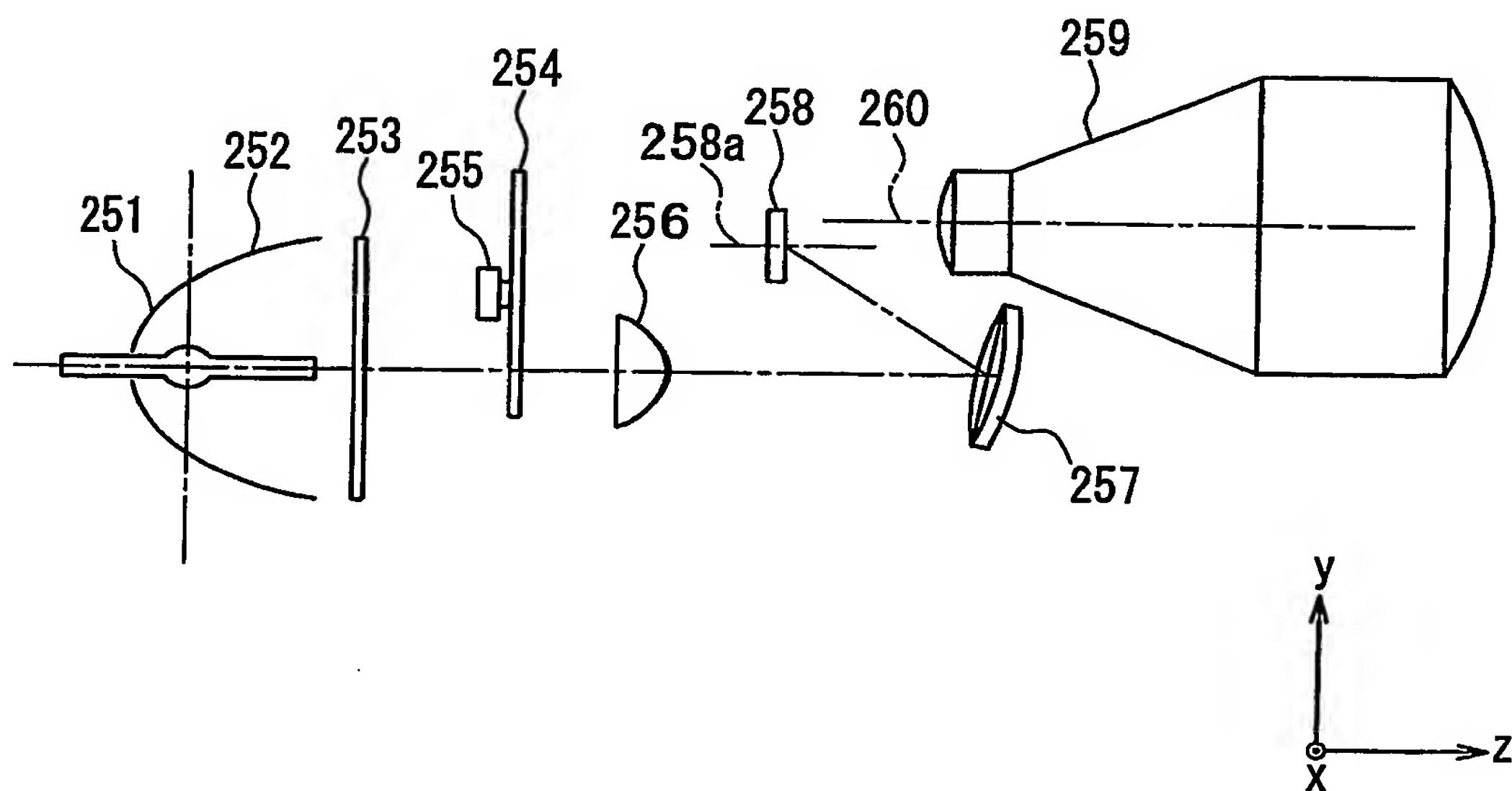


FIG. 29B

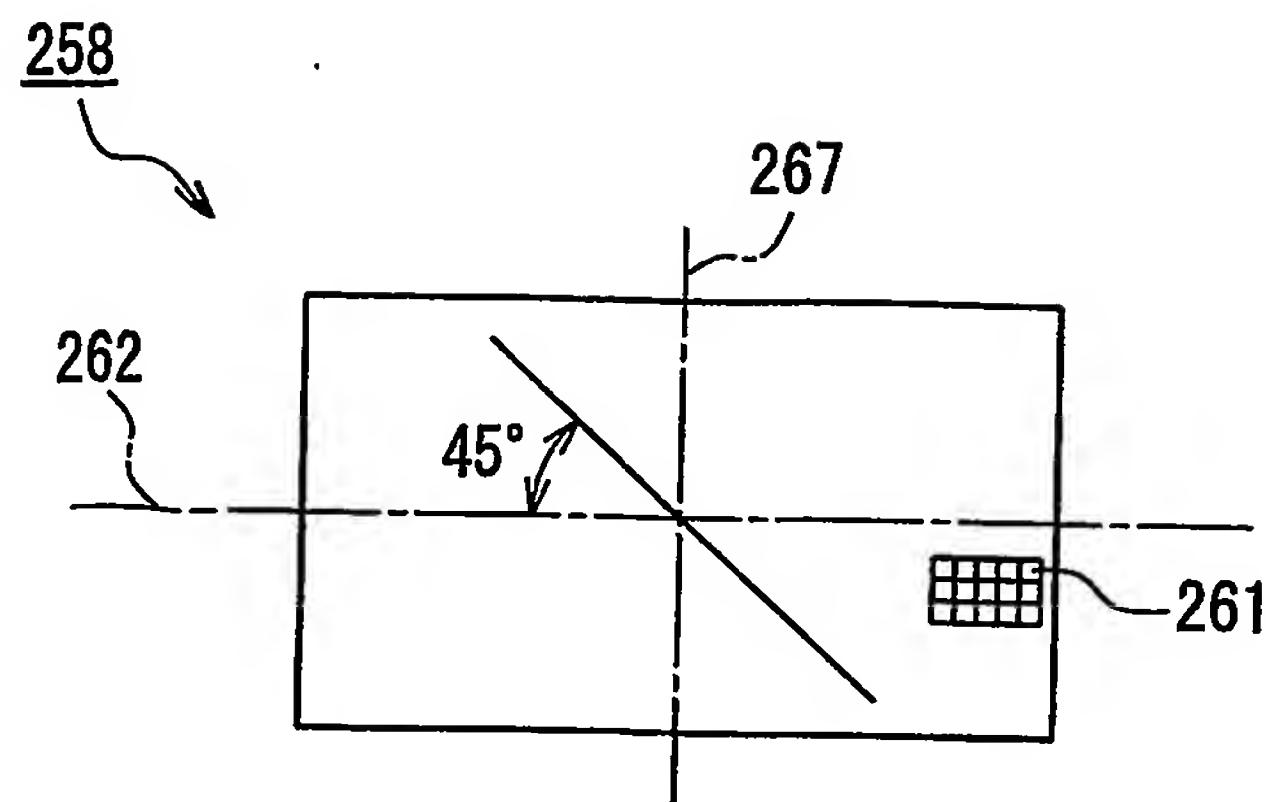


FIG. 30

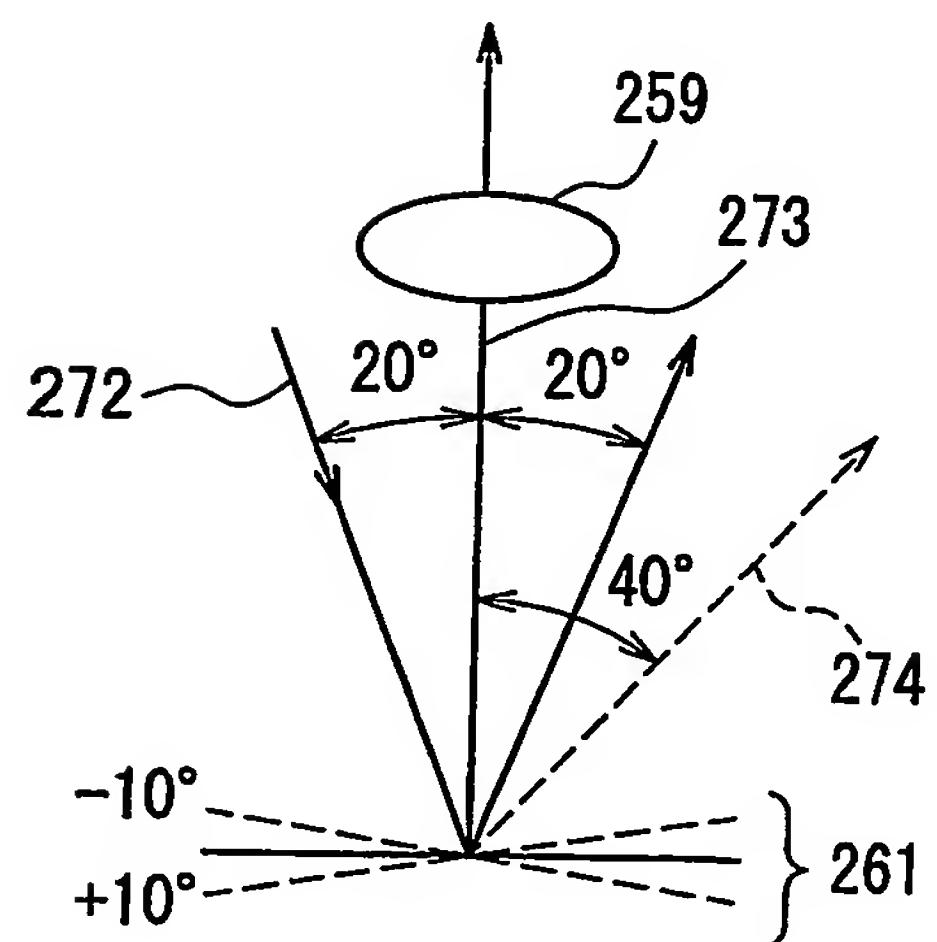


FIG. 31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B13/16, G02B13/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B13/16, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-255226 A (COSINA CO., LTD.), 10 September, 2003 (10.09.03), Full text; all drawings; particularly, Claim 1 (Family: none)	1-20, 23-28 21-22
X	JP 2003-202492 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 18 July, 2003 (18.07.03), Full text; all drawings; particularly, Claim 2; Par. Nos. [0075], [0099] (Family: none)	1-20, 23-28, 21-22
Y	JP 2001-42211 A (Canon Inc.), 16 February, 2001 (16.02.01), Full text; all drawings; particularly, Claims 1, 14, 15; Par. Nos. [0073] to [0076] (Family: none)	1-2

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
28 September, 2004 (28.09.04)Date of mailing of the international search report
12 October, 2004 (12.10.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009259

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-202493 A (Canon Inc.), 18 July, 2003 (18.07.03), Full text; all drawings & US 2003/0128438 A1 & US 6671102 B2 & CN 1417609 A	1
A	JP 2003-156683 A (Sony Corp.), 30 May, 2003 (30.05.03), Full text; all drawings & WO 03/021326 A1 & EP 1422543 A1 & KR 2004032903 A	1, 4, 10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl' G02B 13/16, G02B 13/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl' G02B 13/16, G02B 13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-255226 A (株式会社コシナ) 2003.09.10、全文、全図、特に、[請求項1] (ファミリーなし)	1-20, 23-28
A		21-22
X	JP 2003-202492 A (松下電器産業株式会社) 2003.07.18、全文、全図、特に、[請求項2]、[0075], [0099] (ファミリーなし)	1-20, 23-28 21-22
Y	JP 2001-42211 A (キヤノン株式会社) 2001.02.16、全文、全図、特に、[請求項1]、[請求項14]、[請求項15]、[0073]-[0076] (ファミリーなし)	1-2

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.09.2004

国際調査報告の発送日

12.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内正明

2V 9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-202493 A (キヤノン株式会社) 2003.07.18、全文、全図 & US 2003/0128438 A1 & US 6671102 B2 & CN 1417609 A	1
A	JP 2003-156683 A (ソニー株式会社) 2003.05.30、全文、全図 & WO 03/021326 A1 & EP 1422543 A1 & KR 2004032903 A	1, 4, 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.